

Endurheimt staðargróðurs á röskuðum hálendissvæðum

Ása L. Aradóttir og Járngerður Grétarsdóttir



Endurheimt staðargróðurs á röskuðum hálendissvæðum

Ása L. Aradóttir og Járngerður Grétarsdóttir

Mái 2011
Landbúnaðarháskóli Íslands, umhverfiseild

Efnisyfirlit

Ágrip.....	1
1. kafli. Endurheimt staðargróðurs á röskuðum svæðum <i>Ása L. Aradóttir og Járngerður Grétarsdóttir</i>	3
2. kafli. Söfnun og dreifing á fræslægju <i>Járngerður Grétarsdóttir</i>	15
3. kafli. Flutningur á gróðurtorfum — hversu litlar mega þær vera? <i>Ása L. Aradóttir</i>	51
4. kafli. Nýting á gróðursverði við uppgræðslu vegfláa <i>Ása L. Aradóttir, Ásta Kristín Guðmundsdóttir, Herdís Friðriksdóttir og Gunnar Hjartarson</i>	79
5. kafli. Dreifing gamburmosa á raskað land <i>Ása L. Aradóttir og Herdís Friðriksdóttir</i>	89
Viðauki I	97
Viðauki II.....	99

Ágrip

Um allan heim er vaxandi áhersla á að endurheimta fljótt staðargróður á svæðum sem raskað er vegna framkvæmda, þannig að gróðurfar þeirra falli sem best að umhverfinu. Árið 2007 hófst verkefnið *Endurheimt staðargróðurs á röskuðum hálandissvæðum* á vegum Landbúnaðarháskóla Íslands í samstarfi við Orkuveitu Reykjavíkur. Var verkefnið unnið á framkvæmdasvæði Helligheiðarvirkjunar. Tilgangur þess var að prófa söfnun og dreifingu fræslægju og flutning á gróðurtorfum við endurheimt staðargróðurs. Einnig var mældur árangur af endurheimtaraðgerðum á framkvæmdasvæðinu er fólust í notkun gróðursvarðar sem leggst til við rask og dreifingu mosa.

Niðurstöður verkefnisins sýndu mismunandi árangur eftir aðferðum og gerð staðargróðurs. Góður árangur náðist við endurheimt ýmissa háplöntu- og mosategunda graslendis með söfnun og dreifingu fræslægju (2. kafli) og flutningi á gróðurtorfum allt niður í 5 cm í þvermál (3. kafli). Endurheimt lyngmóategunda, sérstaklega smárunna og renglumyndandi tegunda, tókst best með því að nota heilar og nokkuð stórar gróðurtorfur (≥ 20 cm í þvermál) (3. kafli) en sumar mosategundir lyngmóans fluttust auðveldlega með fræslægju og tættum gróðurtorfum. Hægt var að endurheimta á mjög skömmum tíma gróður sem féll vel að umhverfinu með flutningi á gróðursverði í stórum torfum (4. kafli) og dreifing greina af hraungambra (*Racomitrium lanuginosum*) yfir röskuð svæði virtist flýta landnámi hans (5. kafli).

Aðferðirnar sem prófaðar voru höfðu mismikil áhrif á gróðurlendið þar sem efniviðnum var safnað (gjafasvæðið). Notkun fræslægju hafði ekki mikil áhrif á gróðurfar gjafasvæðanna vegna endurvaxtar gróðursins. Þar sem gróðurtorfum var safnað varð mikið rask og því ekki réttlætjanlegt að taka gróðurtorfur nema þar sem hvort eð er á eyða gróðri, svo sem í vegstæðum, lónstæðum, borpöllum eða vegna annarra mannvirkja. Í þeim tilfellum ætti ávallt að nýta þau verðmæti sem felast í gróðursverðinum.

Val á aðferðum þarf að taka mið af mörgum þáttum, svo sem markmiðum endurheimtarinnar, gerð gróðurlendis sem raskað er, framboði á efniviði, kostnaði, mögulegu vinnuafli og aðgengi að viðtöku- og gjafasvæðum. Völ á árangursríkum aðferðum til að endurheimta staðargróður leysir framkvæmdaraðila þó ekki undan þeirri skyldu að hanna og skipuleggja mannvirkjagerð þannig að raski sé haldið í lágmarki.

Abstract

Restoration of natural vegetation is increasingly considered to be the normal procedure after disturbances associated with infrastructural interventions. The Agricultural University of Iceland in cooperation with the Reykjavík Energy company started a research project in 2007 on Helligheiði in SW Iceland, with the aim to test various methods for restoration of disturbed highland vegetation. The project consisted of experiments with transfer of fresh seed-containing hay and turf transplants experiments to assess the minimum turf size needed to restore heathland and grassland vegetation. Furthermore, the results of different restoration measures in the Helligheiði area were assessed, including revegetation of road

verges by transfer of large turfs from a nearby construction site and distribution of branches of the moss *Racomitrium lanuginosum* over a disturbed area.

The results varied depending on the type of vegetation and the methods used. The dispersal of fresh seed-containing hay (Chapter 2) and use of turfs down to 5 cm in diameter (Chap. 3) led to successful colonization of many vascular plant and moss species of the grassland vegetation. On the other hand, restoration of heathland species, especially dwarf shrubs and species that form rhizomes was most successful if large turfs (≥ 20 cm diameter) were used (Chap. 3). Some heathland moss species colonized successfully after the distribution of hay and shredded turfs. The transfer of turfs of grassy heathland sward on a road verge resulted in quick recovery of vegetation that had a similar species composition and visual qualities as the surrounding vegetation (Chap. 4). Distribution of *Racomitrium lanuginosum* over disturbed lava slag areas seemed to accelerate its colonization (Chap. 5).

The vegetation composition of the donation areas for harvesting seed-containing hay was only slightly disturbed by the harvesting because of regrowth. On the other hand, subtraction of turfs represents a severe disturbance and is not justifiable except on sites where construction has already been planned and the vegetation will be disturbed anyway. In those cases, care should be taken to utilize the valuable resources of vegetation and topsoil for restoration around the construction site.

The selection of restoration methods should take into account many factors, including the aims of the restoration projects in question, type of vegetation, availability of potential materials for restoration, costs, availability of labor and access to both donation sites and restoration sites. The design and planning of construction areas should always aim at minimizing the disturbance to natural vegetation, even though promising restoration methods are available.

1.

kafla

Endurheimt staðar- gróðurs á röskuðum svæðum

Ása L. Aradóttir
Járngerður Grétarsdóttir

Inngangur

Við lifum á tímum þegar sífellt minna er til af villtri náttúru sem ekki hefur verið raskað af mannavöldum (Palmer 2004, MEA 2005). Mikilvægt er að snúa þessari þróun við og er endurheimt skemmdra vistkerfa einn þáttur í því (Roberts o.fl. 2009). Mannvirkjagerð, t.d. gerð vega og virkjana, veldur margvíslegu raski á vistkerfum vegna þess lands sem fer undir mannvirkin og rasks umhverfis þau. Afleiðingarnar geta verið skemmdir á gróðri eða eyðing hans, röskun á stofnum og atferli dýra, uppbrot (*fragmentation*) vistkerfa, breytingar á vatnsbúskap, rykmengun og skert loftgæði (Forman & Alexander 1998, Coffin 2007), svo og dreifing framandi tegunda (Trombulak & Frissell 2000). Getur afleiðinganna gætt langt út fyrir athafnasvæði mannvirkjana (Forman & Deblinger 2000).

Þar sem gróðurskilyrði eru erfið getur tekið langan tíma fyrir landið að gróa upp eftir rask því náttúruleg framvinda er hæg. Ef framandi plöntutegundir eru notaðar við uppgræðslu og frágang eftir mannvirkjagerð getur gróðurfar uppgræðslusvæða stungið verulega í stúf við gróðurfar umhverfisins, auk þess sem sú hætta er fyrir hendi að aðkomutegundir dreifist út frá uppgræðslusvæðunum (Williamson & Harrison 2002; D'Antonio & Meiersen 2002). Með því að endurheimta sem fyrst staðargróður í nágrenni við mannvirki má fella þau betur að umhverfinu og draga úr áhrifum framkvæmdanna á nærliggjandi búsvæði.

Yfirlit yfir aðferðir til að endurheimta staðargróður

Lítið framboð á fræi og plöntum af innlendum háplöntutegundum á markaði hérlendis takmarkar möguleika á sáningu og gróðursetningu þeirra á röskuðum svæðum. Hins vegar eru ýmsar aðrar leiðir mögulegar til að endurheimta staðargróður, svo sem söfnun og dreifing á fræslægju, flutningur á gróðurtorfum af grannsvæðum, nýting á svarðlagi og ýmsar aðgerðir sem örva sjálfgræðslu. Hér á eftir verður gerð stuttlega grein fyrir stöðu þekkingar varðandi notkun þessara aðferða:

Söfnun og dreifing á fræslægju (*transfer of fresh seed-containing hay*). Þessi aðferð hefur verið notuð víða erlendis til að koma staðargróðri í raskað land (sjá t.d. Kiehl o.fl. 2010). Aðferðin byggir á því að safna fræjum og öðrum dreifieiningum plantna með því að slá gróður á gjafasvæði (*donor area*) á réttum tíma með hliðsjón af fræþroska og flytja fræ- og mosaslægjuna strax á raskað svæði sem ætlunin er að loka með staðargróðrinum. Aðferðin hefur gefist vel í gróðurlendum þar sem gróður er ekki mjög lágvaxinn og möguleiki er á að safna töluverðri slægju (sjá t.d. Patzelt & Pfadenhauer 2001, Holzel & Otte 2003, Kiehl & Wagner 2006) og hefur einna mest verið notuð við endurheimt gras- og valllendis, þar sem hún getur stuðlað að endurheimt mikilvægrar tegundafjölbreytni (sjá yfirlitsgrein Kiehl o.fl. 2010). Kostir fræslægjunnar felast meðal annars í dreifingu á tegundum sem erfitt getur verið að ná í fræ, eða aðrar dreifieiningar, af á annan hátt. Auk þess leggur heymassinn til lífræn efni sem geta bætt frjósemi jarðvegs, dregið úr þornun yfirborðsins og bætt aðstæður til spírunar (Donath o.fl. 2006, Kiehl o.fl. 2010). Á hinn bóginn getur þykkur heymassi hamlað spírun tegunda sem hafa lítil fræ (Donath o.fl. 2006). Árangur af söfnun og dreifingu fræslægju getur ennfremur verið takmarkaður fyrir tegundir sem fjölga sér einkum með klónvexti og framleiða lítið fræ. Dreifing fræslægju hefur ekki áður verið reynd hérlendis. Til að hægt sé að nota hana á markvissan hátt þarf þekkingu á því hvaða innlendu plöntutegundum sé hægt að dreifa með þessum hætti, hvaða sláttutími henti best og hvaða áhrif slátturinn hafi á gróðurfur gjafasvæða.

Flutningur á gróðurtorfum gefur möguleika á að endurheimta fjölbreyttan gróður á röskuðum svæðum með því að nýta gróðursvörð sem leggst til við rask í nágrenninu (sjá t.d. Good o.fl. 1999, Bay & Ebersole 2006). Algengt er að notaðar séu stórar torfur, sem lagðar eru yfir jafnstór svæði og tekið var af. Með því móti má á skömmum tíma endurheimta gróðurfur sem hefur svipað yfirbragð og staðargróðurinn (t.d. Pywell o.fl. 1995, Good o.fl. 1999, Trueman o.fl. 2007). Nýting á torfum í hlutföllunum 1:1 er þó óhagkvæm og því má hugsanlega nýta gróðursvörðinn betur með því að skipta torfunum upp og dreifa þeim yfir svæði sem er stærra en gjafasvæðið. Tilraunir með torfur sem voru 10-15 cm í þvermál hafa gefið góða raun fyrir sumar tegundir en þó ekki allar (Jón Guðmundsson 2005, Kidd o.fl. 2006), sem bendir til þess að sumar tegundir eða vaxtarform plantna geti þurft stærri torfur til að tryggja árangursríkan flutning. Því er gagnlegt að vita hversu litlar torfurnar megi vera og hver áhrif torfustærðar eru á árangur af flutningi mismunandi tegunda og gróðurlenda.

Nýting svarðlags. Víða um heim er gert ráð fyrir nýtingu svarðlagsins við uppgræðslu í verklagsreglum vegna frágangs á námusvæðum (Perrow & Davy 2002; Guðmundur Arason o.fl. 2002). Í svarðlaginu er frjósamasta moldin og auk þess fræ, plöntuhlutar, jarðvegsdýr og örverur (Wali 1999, Moynahan o.fl. 2002, Jón Guðmundsson 2008) sem geta haft góð áhrif á endurheimt náttúrulegs gróðurs (Skrindo & Halvorsen 2008). Undanfarin ár hafa verið gerðar tilraunir með nýtingu svarðlags við uppgræðslu námusvæða í Borgarfirði, sem benda til þess að notkun svarðlags geti hraðað landnámi staðargróðurs og bætt árangur uppgræðsluágerða (Jóhannes B. Jónsson o.fl. 2009).

Sjálfræðsla. Þar sem rask er lítið um sig og umhverfið vel gróið getur gróðurframvinda verið hröð þannig að staðargróðurinn vaxi fljótt yfir raskaða svæðið. Þetta ferli er oft kallað sjálfræðsla og er hraði hennar mjög háður umhverfisaðstæðum en einnig öðrum þáttum eins og beit (t.d. Sigurður H. Magnússon & Kristín Svavarsdóttir 2007). Hægt er að örva sjálfræðslu með litlum inngripum, til dæmis áburðargjöf til að örva vöxt og fræframleiðslu og þekjusáningum (uppgræðsla sem myndar gróðurþekju fljótt en sáðtegundir hverfa síðan) til að bæta skilyrði fyrir landnám staðargróðurs (t.d. Elmarsdóttir o.fl. 2003, Aradóttir o.fl. 2008). Þekking á þáttum sem hafa áhrif á gróðurframvindu er nauðsynleg til að geta metið möguleika sjálfræðslu og ákvarða hversu miklar uppgræðsluáðgerðir þurfi í hverju tilviki. Gerðar hafa verið ýmsar rannsóknir á framvindu eftir uppgræðslu á örfoka svæðum (Elmarsdóttir o.fl. 2003, Gretarsdóttir o.fl. 2004, Ása L. Aradóttir & Kristín Svavarsdóttir 2009) og í vegfláum (Sigurður H. Magnússon 1992), sem hafa sýnt að með tímanum koma margar tegundir staðargróðursins inn í uppgrædda landið.

Sáning og gróðursetning mikilvægra staðartegunda. Gerðar hafa verið rannsóknir á aðferðum við að fjölga ýmsum tegundum íslensku flórunnar með sáningum eða gróðursetningum (t.d. Sigurður H. Magnússon & Borgþór Magnússon 1990, Jón Guðmundsson 1997, Sigurður Greipsson og Davy 1997, Kristín Svavarsdóttir 2006, Magnús H. Jóhannsson 2006). Landgræðsla ríkisins safnar og framleiðir fræ af melgresi og túnvingli í stórum stíl og ýmsum belgjurtum í smærri stíl (Landgræðsla ríkisins 2006 og 2011). Tiltölulega auðvelt er að safna og sá birkifræi og fjölga víðitegundum með sprotum (Kristín Svavarsdóttir o.fl. 2006). Þá hefur verið sýnt fram á að hægt er að fjölga holtasóley, ljónslappa og vallhumli með sáningum og ljónslappa með gróðursetningu græðlinga (Karlsdóttir & Aradóttir 2006, Aradóttir & Jóhannsson 2006). Hins vegar vantar slíkar upplýsingar fyrir stóran hluta flórunnar, auk þess sem fræframleiðsla og fjölgun getur verið mjög takmörkuð við erfiðar aðstæður eins og á hálendissvæðum.

Markmið og verkþættir

Sumarið 2007 hófst rannsókn- og þróunarverkefnið *Endurheimt staðargróðurs á röskuðum hálendissvæðum*. Tilgangur verkefnisins var að þróa aðferðir við endurheimt staðargróðurs og var verkefnið unnið á virkjanasvæði Helligheiðarvirkjunar. Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir helstu niðurstöðum verkþátta sem höfðu það markmið að (1) kanna hvort söfnun og dreifing á fræslægju væri hentug aðferð til að koma staðargróðri í raskað land við íslenskar aðstæður og (2) prófa mismunandi aðferðir til að nýta gróðursvörð er leggst til við rask vegna framkvæmda við endurheimt staðargróðurs.

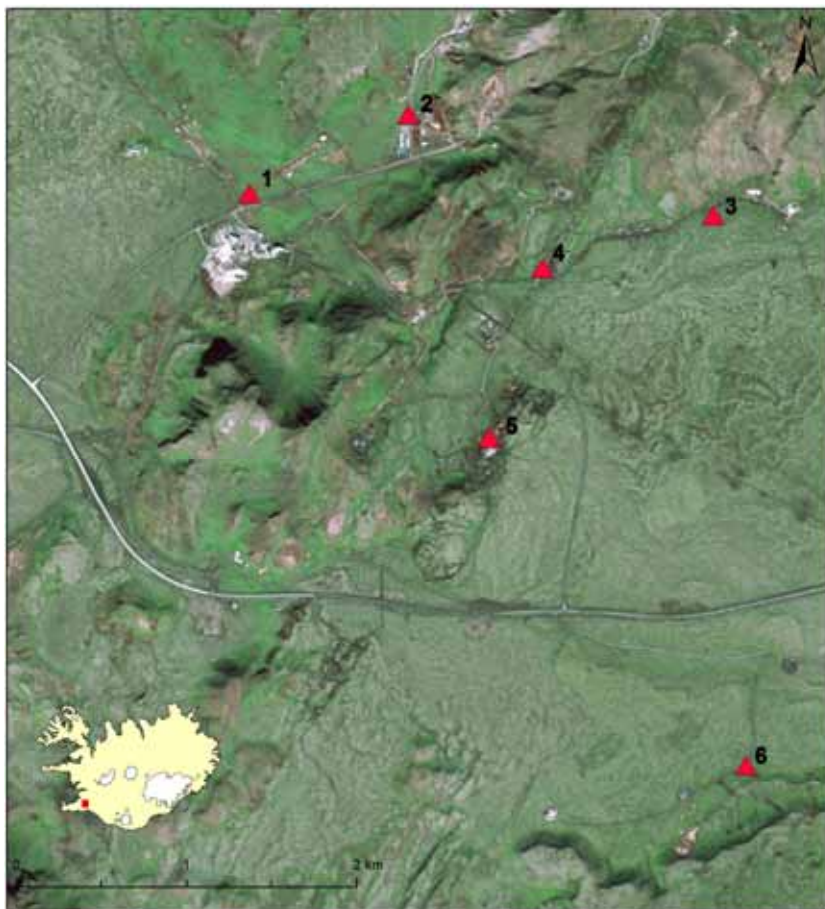
Verkefnið var unnið af Landbúnaðarháskóla Íslands (LbhÍ) í nánu samstarfi við Orkuveitu Reykjavíkur (OR). Það fólst í tilraunum með söfnun og dreifingu á fræslægju (2. kafli) og flutningi gróðurtorfum (3. kafli) auk úttekta á notkun gróðursvarðar við frágang á vegfláa Hverahlíðarvegar (4. kafli) og dreifingu mosa á Gígahnúk (5. kafli). Verkefnið var styrkt af Umhverfis- og orkurannsóknasjóði OR 2007-2009. Sumarstarfsfólk OR á Helligheiði, undir stjórn Herðisar Friðriksdóttur, sá um uppsetningu og viðhald tilrauna með flutning á gróðurtorfum.

Í framhaldi af þessum rannsóknum voru hafnar ítarlegri rannsóknir á leiðum til að fjölga hraungambra og öðrum algengum íslenskum mosategundum í gróðurhúsi (Magnea Magnúsdóttir 2010, Magnea Magnúsdóttir og Ása L. Ardóttir 2011) og með útitilraunum, auk rannsókna á landnámi mosa á röskuðum svæðum á Hellisheiði. Um er að ræða B.S. og M.S. verkefni við LbhÍ og hlaut það styrk úr Umhverfis- og orkurannsóknasjóði OR árið 2010.

Rannsóknasvæði

Rannsóknasvæðin voru á athafnasvæði Hellisheiðarvirkjunar bæði ofan og neðan Hellisskarðs, auk þess sem eitt svæði var á áætluðu framkvæmdasvæði virkjunar við Hverahlíð (mynd 1.1).

Svæði 1 var við Kolviðarhól neðan Hellisskarðs, um 3-400 m norðan við stöðvarhús Hellisheiðarvirkjunar (64°02'N, 21°24'V) í 260 m hæð yfir sjó. Um var að ræða slétt graslendi er var nýtt sem gjafasvæði fyrir söfnun á fræslægju (2. kafli) og torfuflutning (3. kafli). Tilraunareitir (viðtökureitir) fyrir báðar rannsóknirnar voru í moldarflagi sem myndast hafði við rask á graslendinu.



Mynd 1.1. Yfirlit yfir rannsóknasvæðin á Hellisheiði. (Mynd Sigmundur H. Brink).

Svæði 2 var í vegfláa, um 1 km aust-norðaustan við svæði 1 ($64^{\circ}03'N$, $21^{\circ}23'V$) í 275 m hæð yfir sjó. Vegurinn lá nokkurn veginn frá norðri til suðurs. Tilraunareitir fyrir torfuflutning voru í vegfláanum (3. kafli) og var helmingur þeirra vestan vegarins og hinn helmingurinn austan hans. Vegfláinn var að lágmarki 5 m breiður og var yfirborðið þakið grófri mól. Þessi vegur var fjarlægður veturinn 2009-2010 vegna byggingar nýs stöðvarhúss Hellisheiðarvirkjunar.

Svæði 3 var ofan Hellisskarðs, „milli hrauns og hliðar“ sunnan Skarðsmýrarfjalls ($64^{\circ}02'N$, $21^{\circ}22'V$) í um 400 m hæð yfir sjó. Þar voru gjafasvæði fyrir söfnun á fræslægju (2. kafli) og torfuflutning (3. kafli) í lyngmóa í hraunjaðrinum. Tilraunareitir fyrir báðar rannsóknirnar voru í raski rétt sunnan gjafasvæðisins við hlið safnæðar frá nærliggjandi borholum. Raskið var aðallega þakið með mold en einnig smá mól og var sléttað yfir það áður en tilraunin hófst.

Svæði 4 var í vegfláa í suðurhlíðum Skarðsmýrarfjalls, um 1 km vest-suðvestan við svæði 3 ($64^{\circ}02'N$, $21^{\circ}22'V$) í 410 m hæð yfir sjó. Vegfláinn var 5-10 m breiður, hallaði mót vestri og var yfirborð hans þakið grófri mól. Á þessu svæði voru tilraunareitir fyrir torfuflutning (3. kafli).

Svæði 5 var í suðvesturhlíðum og toppi Gígahnúks ($64^{\circ}02'N$, $21^{\circ}22'V$) í 400-440 m hæð yfir sjó. Gígurinn var náma í fjölda ára og var hnúkurinn verulega raskaður áður en bygging Hellisheiðarvirkjunar hófst (Orkuveita Reykjavíkur 2008). Fyllt var upp í námuna með jarðvegi sem fjarlægður var vegna framkvæmda á Hellisheiði. Síðan var yfirborð hnúksins endurmótað eftir þrívíddarmódeli sem unnið var upp úr gömlum loftmyndum af svæðinu (Orkuveita Reykjavíkur 2008). Að lokum var gjalli dreift yfir svæðið og haustið 2008 var mosi tekinn af svæði sem raskað var við lagningu Hellisheiðaræðar og dreift með handaflí yfir röskuð svæði á Gígahnúki. Haustið 2009 voru lögð út snið á hnúknum til að meta árangur mosaflutningsins (5. kafli).

Svæði 6 var við Hverahlíðarveg á Hellisheiði ($64^{\circ}01'N$, $21^{\circ}20'V$) í um 350 m hæð yfir sjó. Fyrri hluti vegarins var lagður 2006 en síðari hlutinn vorið 2007 og voru þá gróðurtorfur úr nærliggjandi borpalls- og vegstæðum lagðar á vegfláann. Árangur af flutningi gróðurtorfanna var metinn sumarið 2009 (4. kafli).

Landslag og jarðfræði. Rannsóknasvæðin neðan Hellisskarðs á Hellisheiði (svæði 1 og 2) voru á hraunsléttu sem er að mestu leyti undir malarframburði úr Hamragili og Sleggjubeinaskarði (Kristján Sæmundsson 2003). Meginrannsóknasvæðið ofan Hellisskarðs (svæði 3) var á flatlendi sunnan Skarðsmýrarfjalls í jaðri hrauns sem er um 2000 ára gamalt (Jón Jónsson 1977, Kristján Sæmundsson 2003). Ein tilraun (svæði 4) var í suðurhlíð Skarðsmýrarfjalls og hallaði til suðvesturs. Tilraunin sjálf var í fláa vegar sem lá ofan á u.þ.b. 5800 ára gömlu hrauni (Kristján Sæmundsson 2003). Gígahnúkur (svæði 5) er stærsti gígur Hellisheiðarhraunanna og tilheyrir, a.m.k. að hluta til, hrauni sem er um 10000 ára gamalt (Kristján Sæmundsson 2003). Rannsóknir á flutningi gróðursvarðar í stærri stíl (svæði 6) voru á hraunfláka norðaustan Hverahlíðar og er það hraun líklega um 10000 ára gamalt (VSO ráðgjöf 2008).

Gróðurfur. Eftirfarandi umfjöllun um gróðurfur Hellisheiðar er byggð á kortlagningu og rannsóknnum Náttúrufræðistofnunar Íslands (Guðmundur Guðjónsson o.fl. 2005) og rannsóknnum Rannveigar Thoroddsen (2002). Mosagróður er algengasta gróðurlendið á Hellisheiði, einkum á yngri hraunum, og þekur 58% svæðisins. Graslendi kemur þar á eftir með um 20% þekju. Lyngmói þekur um 2% lands en önnur gróðurlendi hafa minni eða um 1% þekju.

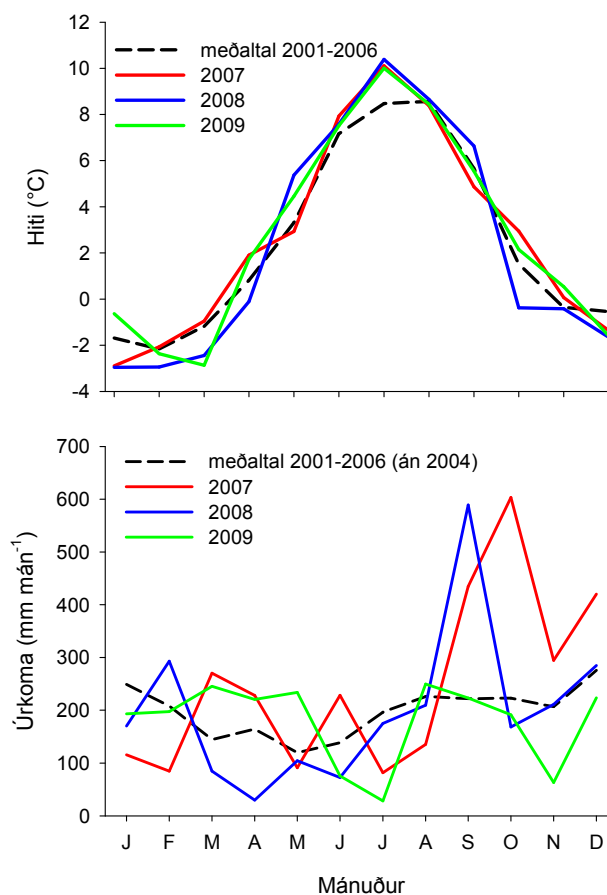
Neðan Hellisskarðs er víðáttumikið graslendi (svæði 1). Þar var stinnastör algeng, auk grastegunda, og mikill mosi var í sverðinum. Á hraunjaðrinum sunnan undir Skarðsmýrarfjalli (svæði 3) var mosaríkur lyngmói þar sem krækilyng, bláberjalyng og sauðamergur voru algeng, og einnig voru þar blettir með aðalbláberjalyngi næst fjallinu, en mosagróður tók við lengra frá fjallinu. Mosagróður var ríkjandi í Gígahnjúk og hrauninum þar í kring (svæði 5). Við Hverahlíðarveg (svæði 6) var grasríkur mosi með lyngi og smárunnum.

Jarðvegur gróinna þurrlendissvæða á Hellisheiði er brúnjörð (Brown Andosol) eins og svo víða annarsstaðar á landinu (Ólafur Arnalds & Hlynur Óskarsson 2009). Þar sem ung hraun eru undir er jarðvegur þó grunnur, eins og í hraunjaðrinum sunnan Skarðsmýrarfjalls.

Veðurfur. Veðurstofa Íslands hefur rekið sjálfvirkar veðurstöðvar í Hellisskarði og á Ölkelduhálsi síðan 2001. Samantekt á niðurstöðum veðurmælinga á Hellisheiði fyrir 2001 og 2002 (Þórður Arason & Torfi Karl Antonsson 2003) sýnir að meðaltali 2,6°C lægra hitastig á Hellisheiði en á mælum Veðurstofunnar í Reykjavík, sem eru í 52 m hæð yfir sjó, auk þess sem bæði vinda- og þokusamara er á heiðinni. Þá eykst úrkoma jafnt og þétt eftir því sem austar dregur frá Reykjavík og er meðalúrkoma á heiðinni allt að þreföld samanborið við Reykjavík.

Veðurstöðin í Hellisskarði (64°02'N, 21°22'V; 370 m h.y.s.) er nálægt rannsóknasvæðum 1-5 og eru hér sýnd gögn frá henni fyrir 2001-2009 (mynd 1.2). Svæði 1 og 2 liggja þó um 100 m lægra en veðurstöðin, þannig að gera má ráð fyrir að hitastig þar sé hærra en í Hellisskarði. Svæði 3, 4 og 5 liggja 30-40 m hærra en veðurstöðin en svæði 6 er í svipaðri hæð og hún.

Meðalárshiti í Hellisskarði var 2,5°C fyrir tímabilið 2001-2006 en 2,6°C fyrir árin sem rannsóknin náði yfir (2007-2009). Munaði þar um að júlíhiti var að jafnaði 1,7°C hærri 2007-2009 en fyrir 2001-2006 (mynd 1.2a). Úrkoma var mikil á svæðinu eða rúmlega 2400 mm á ári fyrir tímabilið 2001-2009. Úrkoman var að jafnaði minnst á vorin og snemmsumars en mest á veturna (mynd 1.2b). Árin 2007-2009 voru 34-42 daga samfelld þurkkatímabil í júní og júlí, með <1mm sólarhringsúrkomu að meðaltali. Hins vegar voru haustin 2007 og 2008 afar votviðrasöm með fáum þurrum dögum og yfir 100 mm sólarhringsúrkomu þegar mest var.



Mynd 1.2. Meðalhiti og úrkoma á Hellisheiði 2001-2006 og á rannsóknatímanum, 2007-2009. Úrkomugögn fyrir árið 2004 voru þó ekki tekin með þar sem mælingar vantaði fyrir hluta ársins. Myndirnar eru byggðar á gögnum frá Veðurstofu Íslands.

Samantekt á niðurstöðum verkefnisins: Samanburður á aðferðum við endurheimt staðargróðurs

Niðurstöður verkefnisins sýndu mismunandi árangur eftir gróðurfari gjafasvæða og því hvaða aðferðir voru notaðar.

Góður árangur var af söfnun og dreifingu fræslægju (2. kafli), einkum hvað varðaði flutning ýmissa háplöntu- og mosategunda graslendis sem dreifast með fræi, æxlikornum og mosabrotum. Flutningur á tættum gróðursverði (3. kafli) skilaði mikið til sömu mosa- og háplöntutegundunum og fræslægjan. Hins vegar gekk betur að flytja smárunna (lyng) og renglumyndnandi tegundir með því að nota heilar torfur (3. kafli) en með slægju eða tættum torfum. Stærð torfanna skipti ekki máli þegar torfurnar voru teknar úr graslendi en þar fékkst góður árangur af flutningi torfa allt niður í 5 cm í þvermál. Árangur af lyngmóatorfum var meira háður stærð; einkum áttu sígrænir smárunnar undir högg að sækja ef torfurnar voru minni en 20 cm í þvermál. Hægt var að endurheimta á mjög skömmum tíma gróður sem féll vel að umhverfinu með flutningi á stórum gróðurtorfum í vegfláa í hlutfalli 1:1 til 1:2 (4. kafli).

Dreifing hraungambra yfir röskuð svæði virtist flýta landnámi hans (5. kafli). Ef aðeins á að flytja mosa gæti verið tiltölulega einfalt og árangursríkt að dreifa mosagreinum, hvort sem þeim er safnað með fræslægju (2. kafli), sem hluti af gróðursverði (3. kafli), með handsöfnun mosa úr mosabembum sem eiga að fara undir framkvæmdir (5. kafli) eða á annan hátt. Frekari rannsóknir á leiðum til að dreifa mosa og hraða myndun mosabekju hófust við Landbúnaðarháskóla Íslands árið 2009 (Magnea Magnúsdóttir & Ása L. Aradóttir 2011).

Notkun fræslægju hefur þann kost að áhrif á gróðurfar gjafasvæðanna eru tiltölulega lítil (2. kafli). Mikið rask verður hins vegar þar sem teknar eru torfur úr gróðursverði (3. kafli). Því er ekki réttlætandi að taka gróðurtorfur nema þar sem hvort eð er á eyða gróðri, svo sem í vegstæðum, lónstæðum, borpöllum eða vegna annara mannvirkja. Í þeim tilfellum ætti ávallt að nýta þau verðmæti sem felast í gróðursverðinum.

Endurheimt staðargróðurs á svæðum sem raskað er við mannvirkjagerð dregur úr áhrifum framkvæmda á nærliggjandi búsvæði og lokar landinu þannig að mannvirkin falli sem best að umhverfinu. Hægt er að nýta aðferðirnar sem prófaðar voru í verkefninu; söfnun og dreifingu á fræslægju, flutning á litlum og stórum gróðurtorfum, eða dreifingu mosagreina við frágang eftir margs konar mannvirkjagerð er raskar gróðri, t.d. við virkjunarframkvæmdir og vegagerð. Einnig má nýta þessar aðferðir við almenna uppgræðslu, einkum í smærri verkefnum eða þar sem aðstæður eru á einhvern hátt sérstakar. Sem hugsanleg dæmi má nefna uppgræðslu í þjóðgörðum og á öðrum svæðum þar sem áhersla er á notkun staðargróðurs og ekki er leyfilegt að flytja plöntuefnið utan frá. Val á aðferðum þarf þó að taka mið af mörgum þáttum, svo sem markmiðum endurheimtarinnar, gerð gróðurlendis sem raskað er, framboði á efniviði, kostnaði, mögulegu vinnuafli og aðgengi að viðtöku- og gjafasvæðum.

Ef gróðursverði er raskað við framkvæmdir er afar mikilvægt að halda honum til haga og nýta sem best, helst með því að flytja heilar torfur. Í því sambandi þyrfti að rannsaka betur geymsluþol svarðarins og hvernig best sé að geyma hann til að viðhalda geymsluþolinu. Einnig væri akkur í að þróa aðferðirnar sem prófaðar voru í verkefninu til nota í stærri stíl og kanna möguleika á að vélvæða sumar þeirra. Völ á árangursríkum aðferðum til að endurheimta staðargróður leysa þó ekki framkvæmdaraðila undan þeirri skyldu að hanna og skipuleggja mannvirkjagerð þannig að raski sé haldið í lágmarki.

Þakkir

Verkefnið *Endurheimt staðargróðurs á röskuðum hálendissvæðum* var styrkt af Umhverfis- og orkurannsóknasjóði Orkuveitu Reykjavíkur árin 2007-2009. Að auki studdi OR við verkefnið á ýmsan annan hátt, meðal annars tóku starfsmenn OR þátt í uppsetningu og viðhaldi tilrauna undir stjórn Herdísar Friðriksdóttur. Þá kom samstarfsfólk okkar við Landbúnaðarháskóla Íslands að verkefninu á ýmsum stigum (sjá nánari upplýsingar í einstökum köflum). Veðurstofa Íslands lét í té gögn um hitastig og úrkomu í Hellisskarði fyrir árin 2001-2010. Við þökkum öllum þessum aðilum þeirra framlag.

Heimildir

- Aradottir, A.L. & M.J. Johannsson 2006. Ecological restoration with native species in Iceland. Í: B. Krautzer & E. Hacker (ritstj.), Soil-Bioengineering: Ecological Restoration with Native Plant and Seed Material. Conference 5.-9. September 2006. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, bls. 175-179.
- Aradottir, A. L., B. Orradottir, O. Arnalds & K. Svavarsdottir 2008. Ecological succession after reclamation treatments on an eroded area in Iceland. Í: Towards a sustainable future for European ecosystems – Providing restoration guidelines for Natura 2000 habitats and species. Proceedings, 6th European Conference on Ecological Restoration, Ghent, Belgium, 8-12/09/2008 (CD Publication).
- Ása L. Aradóttir & Kristín Svavarsdóttir 2009. Áhrif uppgræðsluáðgerða á gróðurframvindu. Fræðaðing landbúnaðarins 6: 279-285.
- Bay, R.F. & J.J. Ebersole 2006. Success of turf transplants in restoring alpine trails, Colorado, USA. Arctic Antarctic and Alpine Research 38: 173-178.
- Coffin, A. W. 2007. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. Journal of Transport Geography 15: 396-406.
- D'Antonio, C. & L.A. Meyerson 2002. Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: A synthesis. Restoration Ecology 10: 703-713.
- Donath, T.W., N. Holzel & A. Otte 2006. Influence of competition by sown grass, disturbance and litter on recruitment of rare flood-meadow species. Biological Conservation 130: 315-323.
- Elmarsdottir, A., A.L. Aradottir & M.J. Trlica 2003. Microsite availability and establishment of native species on degraded and reclaimed sites. Journal of Applied Ecology 40: 815-823.
- Forman, R.T.T. & L.E. Alexander 1998. Roads and their major ecological effects. Annual Review of Ecology and Systematics 29: 207-231.
- Forman, R.T.T. & R.D. Deblinger 2000. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. Conservation Biology 14: 36-46.
- Good, J.E.G., H.L. Wallace, P.A. Stevens & G.L. Radford 1999. Translocation of herb-rich grassland from a site in Wales prior to opencast coal extraction. Restoration Ecology 7: 336-347.
- Greipsson, S., & A. Davy 1997. Responses of *Leymus arenarius* to nutrients: improvement of seed production and seedling establishment for land reclamation. Journal of Applied Ecology 34: 1165-1176.
- Gretarsdottir, J., A.L. Aradottir, V. Vandvik, E. Heegaard & H. J. B. Birks 2004. Long-term effects of reclamation treatments on plant succession in Iceland. Restoration Ecology 12: 268-278.
- Guðmundur Arason, Gunnar Bjarnason, Björn Stefánsson o.fl. 2002. Námur. Efnistaka og frágangur. Embætti veiðimálastjóra, Hafrannsóknarstofnun, Iðnaðarráðuneytið, Landgræðsla ríkisins, Landsvirkjun, Náttúruvernd ríkisins, Samband íslenskra sveitarfélaga, Siglingastofnun Íslands, Umhverfissráðuneytið, Vegagerðin og Veiðimálastofnun, 75 bls.
- Guðmundur Guðjónsson, Kristbjörn Egilsson & Kristinn Haukur Skarphéðinsson 2005. Gróður og fuglar á Hengilssvæði og Hellisheiði. Náttúrufræðistofnun Íslands, 49 bls.
- Holzel, N. & N. Otte 2003. Restoration of a species-rich flood meadow by topsoil removal and diaspore transfer with plant material. Applied Vegetation Science 6: 131-140.
- Jóhannes B. Jónsson, Ása L. Aradóttir & Hersir Gíslason 2009. Samanburður á notkun svarðlags og hefðbundinna aðferða við uppgræðslu. Fræðaðing landbúnaðarins 6: 476-480.

- Jón Guðmundsson 1997. Innlendar belgjurtir — fræræktarmöguleikar. Búvísindi 11: 41-48.
- Jón Guðmundsson 2005. Uppgræðsla vegfláa með innlendum úthagategundum. Rit LbhÍ nr. 2, 24 bls.
- Jón Guðmundsson 2008. Til eru fræ sem fengu þennan dóm; að falla í jörð. Fræðaping landbúnaðarins 5: 543-547.
- Jón Jónsson 1977. Reykjafellsgígir og Skarðsmýrarhraun á Hellisheiði. Náttúrufræðingurinn 47: 17-26.
- Karlsdóttir, L. & Á.L. Aradóttir 2006. Propagation of *Dryas octopetala* L. and *Alchemilla alpina* L. by direct seeding and planting of stem cuttings. Icelandic Agricultural Sciences 19: 25-32.
- Kidd, J.G., B. Streever & M.T. Jorgenson 2006. Site characteristics and plant community development following partial gravel removal in an arctic oilfield. Arctic Antarctic and Alpine Research 38: 384-393.
- Kiehl, K., A. Kirmer, T.W. Donath, L. Rasran & N. Hölzel 2010. Species introduction in restoration projects - Evaluation of different techniques for the establishment of semi-natural grasslands in Central and Northwestern Europe. Basic and Applied Ecology 11: 285-299.
- Kiehl, K. & C. Wagner 2006. Effect of hay transfer on long-term establishment of vegetation and grasshoppers on former arable fields. Restoration Ecology 14: 157-166.
- Kristín Svavarsdóttir (ritstj.) 2006. Innlendar víðitegundir: líffræði og notkunarmöguleikar í landgræðslu. Landgræðsla ríkisins, Gunnarsholt, 111 bls.
- Kristín Svavarsdóttir, Ása L. Aradóttir & Úlfur Óskarsson 2006. Þróun aðferða við ræktun gulvíðis og loðvíðis. Í: Kristín Svavarsdóttir (ritstj.), Innlendar víðitegundir: líffræði og notkunarmöguleikar í landgræðslu. Landgræðsla ríkisins, Gunnarsholt, bls. 73-89.
- Kristján Sæmundsson 2003. Hellisheiðarvirkjun jarðfræðilegar aðstæður á virkjunarsvæði. Íslenskar Orkurannsóknir. Greinargerð KS 03/02, unnin fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.
- Landgræðsla ríkisins 2006. Ársskýrsla Landgræðslu ríkisins 2005. Gunnarsholti, Landgræðsla ríkisins.
- Landgræðsla ríkisins 2011. Ársskýrsla Landgræðslu ríkisins 2010. Gunnarsholti, Landgræðsla ríkisins.
- Magnea Magnúsdóttir 2010. Leiðir til að fjölga mosum, einkum hraungambra (*Racomitrium lanuginosum*). B.S. ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Umhverfiseild, 29 bls.
<http://hdl.handle.net/1946/7208>.
- Magnea Magnúsdóttir & Ása L. Aradóttir 2011. Fjölgun hraungambra með greinabrotum. Fræðaping landbúnaðarins 8: 342-345.
- Magnús H. Jóhannsson 2006. Umfeðmingur, giljafækja og baunagras á uppgræðslusvæðum. Fræðaping landbúnaðarins 3: 383-386.
- Millenium Ecosystem Assessment MEA 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
- Moynahan, O.S., C.A. Zabinski & J.E. Gannon 2002. Microbial community structure and carbon-utilization diversity in a mine tailings revegetation study. Restoration Ecology 10: 77-87.
- Orkuveita Reykjavíkur 2008. Endurgerð Gígahnúks. Orkan. Fréttabréf Orkuveitu Reykjavíkur 8(4), bls. 5. http://www.or.is/media/PDF/ORK_44473_Orkan_4tbl2008_lokaprofork.pdf.

- Ólafur Arnalds & Hlynur Óskarsson 2009. Íslenskt jarðvegskort. Náttúrufræðingurinn 78: 107-121.
- Palmer, M., E. Bernhardt, E. Chornesky, S. Collins, A. Dobson, C. Duke, B. Gold, R. Jacobson, S. Kingsland, R. Kranz, M. Mappin, M. L. Martinez, F. Micheli, J. Morse, M. Pace, M. Pascual, S. Palumbi, O. J. Reichman, A. Simons, A. Townsend & M. Turner 2004. Ecology for a crowded planet. *Science* 304: 1251-1252.
- Patzelt, A. U. Wild & J. Pfadenhauer 2001. Restoration of wet fen meadows by topsoil removal: Vegetation development and germination biology of fen species. *Restoration Ecology* 9: 127-136.
- Perrow, M.R. & A. J. Davy (ritstj.) 2002. Handbook of Ecological Restoration. Volume 1. Principles of Restoration. Cambridge University Press, Cambridge.
- Pywell, R.F., N.R. Webb & P.D. Putwain 1995. A Comparison of Techniques for Restoring Heathland on Abandoned Farmland. *Journal of Applied Ecology* 32: 400-411.
- Rannveig Thoroddsen 2002. Flóra og gróður á völdum stöðum á Helligheiði og Hengilssvæðinu. Líffræðistofnun Háskólans. Fjölrit nr. 62, 41 bls.
- Roberts, L., R. Stone & A. Sugden 2009. The Rise of Restoration Ecology INTRODUCTION. *Science* 325: 555-555.
- Sigurður H. Magnússon & Borgþór Magnússon 1990. Birkisáningar til landgræðslu og skógræktar. Ársrit Skógræktarfélag Íslands 1990: 9-18.
- Sigurður H. Magnússon & Kristín Svavarsdóttir 2007. Áhrif beitarfriðunar á framvindu gróðurs og jarðvegs á lítt grónu landi. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar 49, 67 bls.
- Sigurður H. Magnússon 1992. Landnám og framvinda gróðurs í raski eftir vegagerð. Í: Áslaug Helgadóttir & Sigurður H. Magnússon (ritstj.), Uppgræðsla vegkanta. Stofnaprófanir og rannsóknir á gróðurframvindu. Lokaskýrsla 1992. Fjölrit Rala nr. 158. Rannsóknastofnun landbúnaðarins, Reykjavík, bls. 17-50.
- Skrindo, A. B. & R. Halvorsen 2008. Natural revegetation on forest topsoil and subsoil along roadsides in boreal forest. *Applied Vegetation Science* 11: 483-490.
- Trombulak, S. C. & C. A. Frissell. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14:18-30.
- Trueman, I., D. Mitchell & L. Besenyei 2007. The effects of turf translocation and other environmental variables on the vegetation of a large species-rich mesotrophic grassland. *Ecological Engineering* 31: 79-91.
- VSO ráðgjöf 2008. HVERAHLÍÐARVIRKJUN. Allt að 90 MWe jarðvarmavirkjun. Matsskýrsla. VSO ráðgjöf og Orkuveita Reykjavíkur, mars 2008. http://www.or.is/media/PDF/sk080325-HV_matsskyrsla.pdf, sótt 27. okt. 2010.
- Wali, M.K. 1999. Ecological succession and the rehabilitation of disturbed terrestrial ecosystems. *Plant Soil* 213: 195-220.
- Williamson, J. & S. Harrison 2002. Biotic and abiotic limits to the spread of exotic revegetation species. *Ecological Applications* 12: 40-51.
- Þórður Arason og Torfi Karl Antonsson, 2003. *Veðurmælingar á Helligheiði 2001-2002, Greinargerð 03018*. Veðurstofa Íslands VÍ-TA01. <http://www.vedur.is/media/vedurstofan/utgafa/greinargerdir/2003/03018.pdf>, sótt 27. okt. 2010.

2.

k a f l i

Söfnun og dreifing á fræslægju

Járngerður Grétarsdóttir

Inngangur

Skortur á fræi og öðrum dreifingareiningum plantna er einn af þeim þáttum sem tefja náttúrulega gróðurframvindu á röskuðum svæðum. Í þeirri tilraun sem hér er kynnt var kannað hvort söfnun og dreifing á slægju (slegið gras, ljá), sem ber með sér fræ og mosabrot og ég kalla hér fræslægju, væri hentug aðferð til að koma staðargróðri í raskað land. Aðferðin (*fresh seed-containing hay transfer*) hefur verið notuð erlendis með góðum árangri við endurheimt náttúrulegra gróðurlenda um nokkurt skeið (Simmons 1999, Patzelt, Wild & Pfadenhauer 2001, Holzel & Otte 2003, Kiehl & Pfadenhauer 2007, Kiehl o.fl. 2010). Aðferðin byggist á því að slá staðargróður á gjafasvæði (donor area) að hausti, eftir að fræþroska er náð, og dreifa fræslægjunni strax (án þurrkunar eða annarar meðhöndlunar) á nærliggjandi raskað viðtökusvæði sem ætlunin er að loka með staðargróðrinum (Patzelt o.fl. 2001). Slægjan ber með sér fræ, æxlikorn og blaðgróin smáox háplantna, einnig mosa- og fléttubrot auk heymassans. Með tímanum hrynja fræin og aðrar dreifieiningar plantna úr slægjunni og landnám á sér stað og hefur reynslan sýnt að landnámið er mest fyrstu tvö árin (Patzelt o.fl. 2001). Þessi aðferð hefur gefist vel í gróðurlendum þar sem gróður er ekki mjög lágvaxinn né strjáll og möguleiki er á að safna nokkurri slægju. Árangur slægjuflutninga af þessu tagi hefur oft verið mjög góður og hafa t.d. frá 25-80% háplöntutegunda af gjafasvæðinu numið land á raskaða svæðinu (Simmons 1999, Holzel & Otte 2003, Patzelt o.fl. 2001). Slægjuaðferðin hefur þann kost umfram ýmsar aðrar uppgræðsluáðferðir að mosabrot og fræblanda af fjölbreyttum gróðri gjafasvæðins er strax komið inn á raskaða svæðið. Að auki leggur heymassinn, sem fluttur er á raskaða svæðið, til lífræn efni til niðurbrots, veitir spirandi fræjum og smáplöntum skjól gegn veðri og vindum, dregur úr þornun yfirborðs og bætir því aðstæður til fræspírunar og landnáms.

Þessi aðferð, að slá villtan úthagagróður seint að hausti í þeim tilgangi að safna fræi, hefur ekki verið reynd áður hérlendis og full þörf þótti á að kanna hvort hún gæti hentað við að

koma staðargróðri í raskað land við íslenskar aðstæður. Helstu rannsóknarspurningar sem leitað var svara við voru eftirfarandi:

- Hvaða íslensku plöntutegundir geta numið land með dreifingu á fræslægju ?
- Hve stór hluti flóru gjafasvæðis nemur land á röskuðu landi ?
- Hve langan tíma tekur það plönturnar að nema land ?
- Fer árangur slægjudreifingar eftir gróðurlendi ?
- Hvaða sláttutími hentar best til að slá íslenskan úthagagróður í þessum tilgangi ?

Að auki var ákveðið að fylgjast með því hvernig gjafasvæðin jöfnuðu sig eftir sláttinn.

Aðferðir

Rannsóknin var unnin á framkvæmdasvæði Orkuveitu Reykjavíkur á Hellisheiði (sjá 1. kafla). Sumarið 2007 voru valin tvö röskuð og mjög lítið gróin svæði fyrir tilraunirnar, annars vegar við Kolviðarhól ($64^{\circ}02'N$, $21^{\circ}24'V$) og hins vegar sunnan Skarðsmýrarfjalls ($64^{\circ}02'N$, $21^{\circ}22'V$) og á sömu stöðum tvö nálæg gjafasvæði (með staðargróðri) (yfirlitsmynd í 1. kafla; svæði 1 og 3). Gjafasvæðið við Kolviðarhól var mosaríkt graslendi, en sunnan Skarðsmýrarfjalls var um fremur rýran en tegundafjölbreyttan lyngmóa að ræða. Afmarkaðir voru tíu 1×2 m gjafareitir við Kolviðarhól og fjórir 1×2 m gjafareitir sunnan Skarðsmýrarfjalls.

Á raskaða svæðinu voru lagðir út samtals fimmtán 1×2 m viðtöku- og viðmiðunarreitir við Kolviðarhól (mynd 2.1) og sex samsskonar reitir sunnan Skarðsmýrarfjalls (mynd 2.2). Allir gjafa-, viðtöku- og viðmiðunarreitir voru gróðurmældir í byrjun ágúst 2007. Metin var



Mynd 2.1. Yfirlit yfir fræslægjutilraun við Kolviðarhól, 15.ágúst 2008.



Mynd 2.2. Yfirlit yfir fræslægjutilraun sunnan Skarðsmýrarfjalls, 19.ágúst 2009.

heildarþekja háplantna, mosa, fléttna, sinu, skemmds mosa og hlutdeild ógróins yfirborðs samkvæmt Braun-Blanquet þekjukvarða í 1 x 2 m reitum. Einnig var þekja einstakra háplantna og algengustu mosa- og fléttutegunda metin samkvæmt sama kvarða og tekin sýni til nánari greininga á mosum og fléttum. Þykkt mosa- og sinulags og mesta blaðhæð háplantna í 10 cm fjarlægð inn frá hornum hvers reits var einnig mæld. Mosi, sem var mjög dökkur (dökkbrúnn/svartur) á að líta og erfitt að dæma um hvort greinarnar væru lifandi eða ekki, var flokkaður sem skemmdur mosi.

Helmingur gjafareita, við Kolviðarhól annars vegar og sunnan Skarðsmýrarfjalls hins vegar, voru valdir tilviljanakennt og slegnir með handsláttuorfi 16. ágúst 2007 (fyrri sláttutími: **1S**) og hinn helmingurinn 29. ágúst 2007 (seinni sláttutími: **2S**) (mynd 2.3a). Notað var handsláttuorf með hnífi, en ekki plastþræði, til að sem minnst söxun og tæting eða frætap yrði úr slægjunni. Fræ- og mosaslægjan var síðan safnað vel saman með laufhrífu, og dreift jafn yfir viðtökureiti strax eftir slátt, annars vegar 16. ágúst 2007 og hins vegar 29. ágúst 2007 (mynd 2.3b og c). Hlutfall gjafa- og viðtökusvæðis var 1:1. Fræslægju var dreift í samtals tíu viðtökureiti sem valdir voru tilviljunarkennt (fimm fyrir hvorn sláttutíma) á raskaða svæðinu við Kolviðarhól og samtals fjóra reiti (tvo fyrir hvorn sláttutíma) sunnan Skarðsmýrarfjalls. Engri slægju var dreift á fimm viðmiðunarreiti á raskaða svæðinu við Kolviðarhól og tvo sunnan Skarðsmýrarfjalls.

Haustið 2007 var skráð þekja plöntuhópa í tilraunareitum og athugað hvort landnám plantna væri hafið í þeim. Í byrjun ágúst 2008 voru síðan gerðar ítarlegar gróðurmælingar í viðtöku-



Mynd 2.3. *a)* Nýsleginn gjafareitur með stadargróðri við Kolviðarhól 29. ágúst 2007, *b)* viðtökureitur á raskaða svæðinu fyrir fræslægjudreifingu 9. ágúst 2007, *c)* búið að dreifa úr fræslægjunni í viðtökureit 29. ágúst 2007, *d)* fræslægjan orðin að heyi sem leggur til lífrænt efni og bætir aðstæður fyrir spirun og landnám hjá fræjum og mosabrotum sem liggja undir sinunni 16. okt.2007.

og viðmiðunarreitum við Kolviðarhól og sunnan Skarðsmýrarfjalls (15+6 reitir) til að fylgjast með landnámi plantna í kjölfar slægjuflutningsins. Gerðar voru samskonar mælingar á gróðri og við uppsetningu tilraunarinnar og lýst er hér að framan. Auk mælinga á gróðurþekju var einnig skráður fjöldi smáplanta í þremur 25 x 25 cm smáreitum er lagðir voru út af handahófi í hverjum 1 x 2 m reit. Langflestar smáplönturnar voru að öllum líkindum kímplöntur, þ.e. vaxnar upp af fræi sama sumar og gróðurmælingin var framkvæmd, og voru kímblöð tvíkímblöðunganna langoftast sjáanleg. Á sama tíma voru gjafareitir einnig gróðurmældir (10+4 reitir) á sama hátt og árið áður til að fylgjast með endurvexti plantna eftir slátt. Við athugun á viðtöku- og viðmiðunarreitum á tilraunasvæðinu sunnan Skarðsmýrarfjalls sumarið 2008 komu í ljós skemmdir á reitum. Reitir höfðu verið færðir til og traðkað í þá. Þó var hægt að greina útlínur reitanna og voru hælur því settir aftur á upprunalega staði og reitirnir gróðurmældir. Hugsanlegt er þó að raskið hafi haft truflandi áhrif á lifun og viðkomu smáplantna og gróðurþekju.

Sumarið 2008 var bætt við fimm gjafareitum (1 x 2 m) og samtals tíu viðtöku- og viðmiðunarreitum (1 x 2 m) á tilraunasvæðinu við Kolviðarhól. Gjafareitir og viðtöku- og

viðmiðunarreitir voru gróðurmældir, á sama hátt og reitirnir frá 2007, um miðjan ágúst 2008. Gjafareitir voru slegnir nokkru seinna að haustinu en árið áður, eða 15. september 2008, í þeim tilgangi að skoða áhrif seinkunar sláttutíma á landnám. Fræ- og mosaslægjan var safnað og dreift á sama hátt og árið áður.

Sumarið 2009 voru gerðar lokamælingar á landnámi í viðtöku- og viðmiðunarreitunum í tilrauninni til að meta árangur af flutningi fræslægjunnar og í gjafareitum til að meta endurvöxt plantna eftir slátt. Allir gjafa-, viðtöku- og viðmiðunarreitir frá 2007 og 2008 ($10+4+15+6+5+10=50$ reitir) voru gróðurmældir um miðjan ágúst 2009. Gróðurmælingarnar voru gerðar á sama hátt og árin 2007 og 2008 og lýst er hér á undan, fyrir utan að smáplöntur (kímplöntur) voru aðeins taldar aftur í reitum frá 2007 sunnan Skarðsmýrarfjalls, en við Kolviðarhól í reitum sem lagðir voru út sumarið 2008.

Auk tilraunareitanna er lagðir voru út við Kolviðarhól og lýst er hér að framan, var safnað fræslægju af sama gjafasvæði í þrjá stærri viðtökureiti haustið 2007. Þessir reitir voru 5 x 5 m (2 reitir) og 4 x 4 m (1 reitur) að stærð og var slægju safnað og dreift dagana 8. og 15. ágúst og 25. september 2007. Í þessum reitum var hlutfall slegins svæðis stærra en þess svæðis sem slægjunni var dreift yfir (2:1-3:1) og í einn þeirra var dreift tilbúnum áburði.

Úrvinnsla gagna

Í viðtöku- og viðmiðunarreitum á röskuðu landi við Kolviðarhól voru eftirfarandi tilraunamedferðir prófaðar: 1) fræslægju safnað og dreift í viðtökureiti 16. ágúst 2007, 2) fræslægju safnað og dreift í viðtökureiti 29. ágúst 2007 og 3) viðmiðun, engri fræslægju dreift í viðmiðunarreiti. Í gjafareitum með staðargróðri við Kolviðarhól voru prófuð áhrif sláttutíma (16. ágúst 2007 eða 29. ágúst 2007) á endurvöxt gróðurs og breytingar í gróðurþekju milli árana 2007, 2008 og 2009. Allar meðferðir voru endurteknaðar fimm sinnum.

Tilraunir með dreifingu fræslægju sunnan Skarðsmýrarfjalls voru mun umfangsminni en við Kolviðarhól. Megintilgangur tilraunarinnar sunnan Skarðsmýrarfjalls var að prófa dreifingu fræslægju úr öðru gróðurlendi (lyngmóa) en við Kolviðarhól þar sem megintilraunin fór fram, en innan þess ramma sem tími og fjármagn leyfði. Þar sem endurtekningar í tilrauninni sunnan Skarðsmýrarfjalls voru aðeins tvær voru ekki gerð tölfræðileg próf á niðurstöðum, en niðurstöðurnar gefa þó vísendingar um hvers má hugsanlega vænta við söfnun og dreifingu fræslægju úr lyngmóa á ógróið land við svipaðar umhverfisaðstæður.

Við Kolviðarhól var bætt við reitum þar sem fræslægju var safnað og dreift 15. september 2008. Við úrvinnslu gagna úr þeim reitum var megináhersla lögð á að athuga hvort nýjar plöntutegundir hafi numið land við seinkun á sláttutíma og skoða þéttleika smáplantna í reitum.

Samanburður á meðalþekju plöntuhópa, fjölda plöntutegunda og blaðhæð háplantna í viðtöku- og viðmiðunarreitum við Kolviðarhól var gerður með ferkagreiningu og samanburður á einstökum meðaltölum með Bonferroni prófi. Samanburður á fjölda smáplantna (kímplantna) milli tilraunamedferða var gerður með Wilcoxon (Kruskal-Wallis) prófi á raðsummunum. Áhrif meðferðar á meðalþekju plöntuhópa, þykkt mosa- og sinulags og

blaðhæðar háplantna í gjafareitum og breytingar milli ára voru prófuð með fervikagreiningu fyrir endurteknar mælingar (Repeated ANOVA) og samanburður á einstökum meðaltölum gerður með Bonferroni prófi.

Tegundasamsetning gróðurs í tilraunareitum var greind með DCA- (Detrended Correspondence Analysis) og PCA- (Principal Components Analysis) fjölbreytugreiningu (hnitun, e. ordination). Greiningin var byggð á þekju einstakra háplöntutegunda, algengustu mosa- og fléttutegunda, sinu og hlutfalli ógróins yfirborðs. Tegundasamsetning og þróun gróðurfars í viðtöku- og viðmiðunarreitum á báðum stöðum og þróun gróðurfars í gjafareitum við Kolviðarhól var greind með DCA-fjölbreytugreiningu. Fyrir greininguna var þekjugildum umbreytt með $\log(1+x)$ og dregið úr vægi sjaldgjæfra tegunda. Við greiningu á þróun gróðurfars í gjafareitum sunnan Skarðsmýrarfjalls var notuð PCA-aðferð. Fyrir greininguna var þekjugildum umbreytt með $\log(1+x)$ og gögn kvörðuð með „inter-species correlations“ og miðjuð og stöðluð út frá tegundum („center by species“). Allar fjölbreytugreiningarnar voru gerðar með forritinu Canoco for Windows 4.5 (ter Braak & Smilauer 2002), önnur tölfræðileg úrvinnsla var gerð með forritinu SAS 9.1 for Windows.

Nafngiftir háplantna fylgja Herði Kristinssyni (2008) og nafngiftir mosa og fléttna Herði Kristinssyni (2010).

Niðurstöður

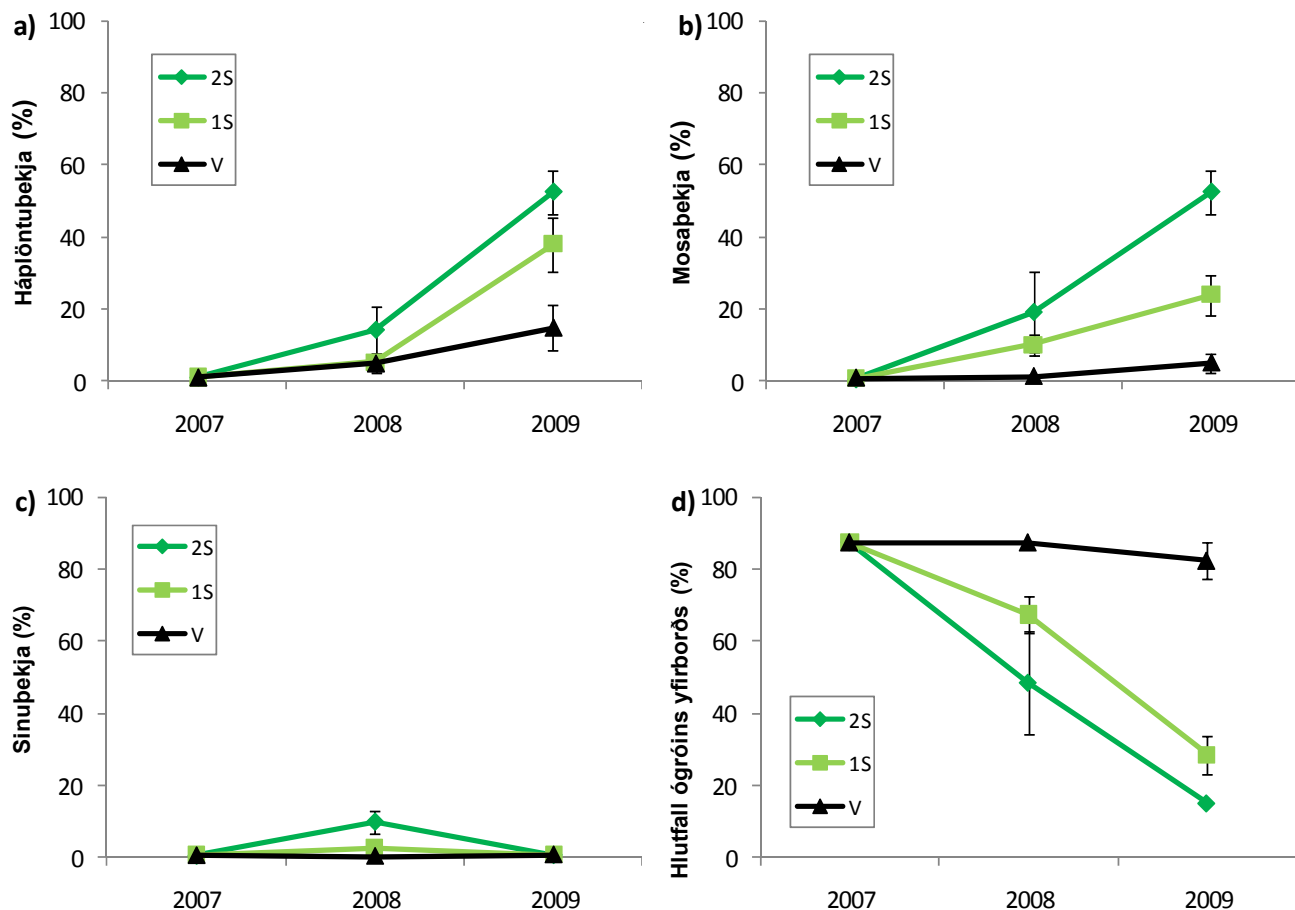
Landnám staðargróðurs í viðtökureitum fræslægju og viðmiðunarreitum

1. Kolviðarhóll, reitir frá 2007

1.A. Plöntuhópar

Heildarþekja háplantna í viðtökureitum við Kolviðarhól jókst mjög í kjölfarið á dreifingu fræslægjunnar (mynd 2.4a). Fyrir slægjudreifinguna var þekja háplantna um 1% í viðtökureitum en jókst fyrsta sumarið (2008) eftir slægjudreifingu. Þekja háplantna í viðmiðunarreitum, þar sem engri slægju var dreift, jókst einnig nokkuð og var ekki marktækur munur á viðmiðunar- og viðtökureitum sumarið 2008. Sumarið 2009 var háplöntuþekja orðin rúmlega þrefalt meiri (53%) í viðtökureitum sem fengu slægju frá seinni sláttutíma (29. ágúst 2007) samanborið við viðmiðunarreiti (15%) ($p < 0,05$) (myndir 2.4a, 2.5a,b og 2.6). Einnig var háplöntuþekja sumarið 2009 rúmlega tvöfalt meiri í viðtökureitum sem fengu slægju frá fyrri sláttutíma (16. ágúst 2007) en viðmiðunarreitum ($p < 0,05$) (mynd 2.4a). Mismunandi sláttutími hafði ekki marktæk áhrif á háplöntuþekju.

Heildarþekja mosa í viðtökureitum jókst einnig mjög í kjölfarið á dreifingu fræ- og mosaslægjunnar (mynd 2.4b). Mosaðekja var um 1% í viðmiðunar- og viðtökureitum sumarið 2007 fyrir slægjudreifingu. Ári eftir dreifingu slægju (2008) var mosaðekja enn um 1% í viðmiðunarreitum en orðin um 10% og 20% í viðtökureitum slægjunnar. Breytileiki var mikill milli reita og var ekki marktækur munur á viðtöku- og viðmiðunarreitum fyrsta árið eftir slægjuflutning. Sumarið 2009 var mosaðekja orðin marktækt og um tífalt meiri (53%) í viðtökureitum sem fengu slægju frá seinni sláttutíma samanborið við viðmiðunarreiti (5%) ($p < 0,05$) (mynd 2.4b og mynd 2.7). Viðtökureitir slægju frá fyrri sláttutíma mældust einnig með meiri mosaðekju en viðmiðunarreitir, en sá munur var ekki



Mynd 2.4. Þróun a) háplöntuþekju, b) mosauþekju, c) sinuþekju og d) hlutfalls ógróins yfirborðs (meðaltöl ± 1 staðalskekkja) í viðtöku- og viðmiðunarreitum í fræslægjutilraun við Kolviðarhól á Hellisheiði 2007-2009. Táknin standa fyrir eftirfarandi tilraunameðferðir: V: viðmiðun; engri fræ- og mosaslægju dreift á viðmiðunarreiti, 1S: fyrri sláttur, gjafasvæði slegið og slægju dreift í viðtökureiti 16. ágúst 2007, 2S: seinni sláttur; gjafasvæði slegið og slægju dreift í viðtökureiti 29. ágúst 2007.



Mynd 2.5. a) Viðtökureitur við Kolviðarhól sem fékk fræslægju 29. ágúst 2007 og b) viðmiðunarreitur sem fékk enga slægju. Myndir teknar 11. ágúst 2009.



Mynd 2.6. Viðtökureitur við Kolviðarhól sem fékk fræslægju 29.ágúst 2007. Myndin er tekin tveimur árum síðar 11. ágúst 2009.

Sumarið 2008 var þekja sinu marktækt meiri í viðtökureitum sem fengu slægju 29. ágúst 2007 en viðmiðunarreitum ($p < 0,05$), en ekki var marktækur munur á reitum sem fengu slægju 16. ágúst 2007 og viðtökureitum (mynd 2.4c). Sumarið 2009 var sinuþekja orðin undir 1% í öllum reitum. Hlutfall ógróins lands minnkaði í takt við aukningu á háplöntu- og mosapekju og var marktækt minna í reitum sumarið 2008 sem fengu slægju frá seinni sláttutíma 2007 samanborðið við viðmiðunarreiti ($p < 0,05$) (mynd 2.4d). Sumarið 2009 var hlutfall ógróins lands enn mjög hátt í viðmiðunarreitum (88%) en marktækt og þrefalt til fimm sinnum minna í viðtökureitum fræslægju (28% og 15%) ($p < 0,05$).

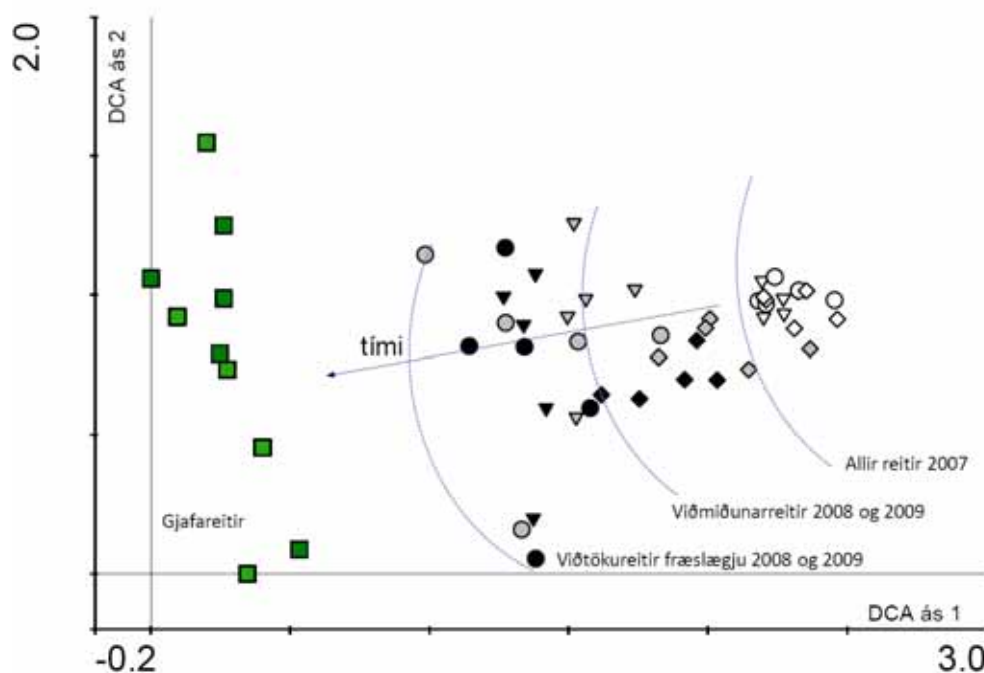


Mynd 2.7. Þróun mosapekju í viðtökureitum fræslægju við Kolviðarhól. Mynd vinstra megin er tekin ári eftir dreifingu fræ- og mosaslægju, 11.júní 2008. Myndin hægra megin er tekin tveim árum eftir dreifingu, 11.ágúst 2009. Heysinan er ennþá áberandi á fyrri myndinni en hefur brotnað niður og er hætt að sjást á seinni myndinni.

1.B. Flóra

Þróun gróðurfars í viðtöku- og viðmiðunarreitum við Kolviðarhól árin 2007 til 2009 var í átt að gjafareitum, og voru viðtökureitir fræslægju orðnir töluvert líkari gjafareitum gróðurfarslega (minnst um 0,5 staðalfrávikseiningar, e. SD-units) en viðmiðunarreitir sumarið 2009 (mynd 2.8). Viðtökureitir, sem fengu fræslægju þann 29. ágúst 2007, voru orðnir líkari gjafareitum gróðurfarslega en reitir sem fengu fræslægju þann 16. ágúst 2007 sumarið 2009. Tegundasamsetning var mjög einsleit í reitum sumarið 2007, áður en fræslægju var dreift (mynd 2.8, opin tákn), en eftir slægjudreifinguna varð mun meiri munur á reitunum (grá og svört tákn). Heildarbreytileiki gagnanna í DCA-fjölbreytugreiningunni var 2,46 staðalfrávikseiningar (SD units), en til samanburðar er um engar sameiginlegar tegundir að ræða þegar breytileiki er 4,0 staðalfrávikseiningar (ter Braak 1995). DCA-greiningin (fyrsti og annar DCA-ásinn) skýrði stóran hluta af breytileika gagnanna eða 42,6%.

Ef borin er saman algengni einstakra plöntutegunda í viðmiðunar- og viðtökureitum árin 2008 og 2009 við algengni þeirra í gjafareitum 2007 má sjá að margar tegundir sem algengar voru í gjafareitum hafa numið land í viðtökureitum (tafla 2.1). Háplöntu-



Mynd 2.8. Þróun gróðurfars í viðtöku- og viðmiðunarreitum í fræslægjutilraun við Kolviðarhól á Hellisheiði 2007-2009. Myndin er niðurstaða DCA-greiningar fyrir reiti (punktar á mynd) og er byggð á þekju allra háplöntutegunda, algengustu mosa- og fléttutegunda, sinu og hlutfalli ógróins yfirborðs. Heildarfjöldi reita var 15 (þrjár meðferðir, fimm endurtekningar) og var hver reitur mældur í þrjú ár (samtals 45 punktar), auk 10 gjafareita. Táknin standa fyrir eftirfarandi: grænir ferningar tákna gjafareiti fyrir slátt sem voru slegnir 16. ágúst 2007 (dökkir), og 29. ágúst 2007 (ljósir m. svörtum ramma). Hringir tákna viðtökureiti sem fengu fræslægju 29. ágúst 2007 og mældir 2007 (fyrir dreifingu slægju, hvítir), 2008 (gráir) og 2009 (svartir). Príhyrningar tákna viðtökureiti sem fengu fræslægju 16. ágúst 2007 og mældir 2007 (fyrir dreifingu slægju, hvítir), 2008 (gráir) og 2009 (svartir). Tiglar tákna viðmiðunarreiti sem fengu enga fræslægju og mældir 2007 (hvítir), 2008 (gráir) og 2009 (svartir).

tegundirnar kornsúra (*Bistorta vivipara*), dúnurt (*Epilobium* sp.) og hvítmaðra (*Galium normanii*) fundust eingöngu í viðtökureitum en ekki viðmiðunarreitum og einnig flétturarnar engjaskófir (*Peltigera* sp.) og hreindýrkrókar (*Cladonia arbuscula*). Nokkrar háplöntutegundir; blávingull (*Festuca vivipara*), vallhæra (*Luzula multiflora*), vegarfi (*Cerastium fontanum*), hálingresi (*Agrostis capillaris*) og klóelfting (*Equisetum arvense*), voru mun algengari (minnst tvöfalt, mest þrettánfalt) í viðtökureitum samanborið við viðmiðunarreiti. Og mosategundirnar tildurmosi (*Hylocomium splendens*), engjaskraut (*Rhytidiadelphus squarrosus*), melagambri (*Racomitrium ericoides*) og móasigð (*Sanonia uncinata*) höfðu tvöfalt til átjánfalt meiri þekju í viðtöku- en viðmiðunarreitum. Engin plöntutegund hafði aftur á móti meiri þekju í viðmiðunarreitum en viðtökureitum (tafla 2.1) en ein tegund; axhæra (*Luzula spicata*), fannst eingöngu í viðmiðunarreitum en ekki viðtökureitum. Aðrar tegundir fundust bæði í viðtökureitum og viðmiðunarreitum nema gulmaðra (*Galium verum*), krossmaðra (*Galium boreale*), mosajafni (*Selaginella selaginoides*) og brjóstagrass (*Thalictrum alpinum*) sem aðeins fundust í gjafareitum.

1.C. Smáplöntur

Smáplöntur (yfirleitt kímplöntur) voru taldar við Kolviðarhól sumarið eftir að fræslægju var dreift. Mikill þéttleiki var af smáplöntum nokkurra háplöntutegunda en mikill breytileiki var milli reita (tafla 1 í viðauka 1). Mestur þéttleiki var af kornsúru, vingli (*Festuca* sp.) og hæru (*Luzula* sp.) (mynd 2.9). Meðalþéttleiki kímplantna af kornsúru voru 173 m⁻² í viðtökureitum sem fengu fræslægju 29. ágúst 2007, mesti þéttleiki 1344 plöntur m⁻² en einnig voru reitir án fræplantna. Meðalþéttleiki smáplanta af vingli voru 186 plöntur m⁻², (32-320 plöntur m⁻²) og meðalþéttleiki smáplanta af hærum 130 plöntur m⁻² (0-816 plöntur m⁻²). Til samanburðar fannst engin kímplanta af kornsúru, að meðaltali 14 plöntur m⁻² (0-48 plöntur m⁻²) af vingli og 1 planta m⁻² (0-16 plöntur m⁻²) af vallhæru sumarið 2008 í viðmiðunarreitum þar sem engri slægju var dreift. Meðalfjöldi (raðsummur, samanburður á miðgildum raða) smáplantna af þessum tegundum var marktækt meiri í reitum sem fengu fræslægju þann 29. ágúst 2007 en í öðrum tilraunamedferðum (tafla 1 í viðauka 1). Færri smáplöntur fundust í viðtökureitum sem fengu fræslægju 16. ágúst 2007, en þar var mest af vingli, hærum, língresi (*Agrostis* sp.) og kornsúru.

Þrjár tegundir háplanta; kornsúra, hvítmaðra og mýrfjóla (*Viola palustris*), fundust sem smáplöntur eingöngu í viðtökureitum fræslægju en ekki í viðmiðunarreitum. Engar háplöntutegundir fundust eingöngu sem smáplöntur í viðmiðunarreitum (tafla 1 í viðauka 1).

1.D. Fjöldi plöntutegunda

Meðalfjöldi háplöntutegunda og algengustu mosa- og fléttutegunda í öllum reitum fyrir fræslægjudreifingu var 7,4-7,6 tegundir í 2 m² reit (2 x 1 m) (mynd 2.10). Sumarið 2008, var meðalfjöldi tegunda orðin marktækt meiri í viðtökureitum sem fengu slægju frá 16. ágúst 2007 og einnig í reitum sem fengu slægju 29. ágúst 2007 samanborið við viðmiðunarreiti ($p < 0,05$). Sumarið 2009 hafði marktækur munur á meðalfjölda aukist í 16,8 tegundir í 2 m² reitum sem fengu slægju frá fyrri sláttutíma og 16,4 tegundir í 2 m² reitum sem fengu slægju frá seinni sláttutíma miðað við 12,8 tegundir í viðmiðunarreitum ($p < 0,05$) (mynd 2.10).

Tafla 2.1. Meðalþekja (%) einstakra háplöntutegunda og algengustu mosa- og fléttutegunda í fræslægjutilraun við Kolviðarhól á Hellisheiði 2007-2009 (+ : þekja ≤ 0,5 %).

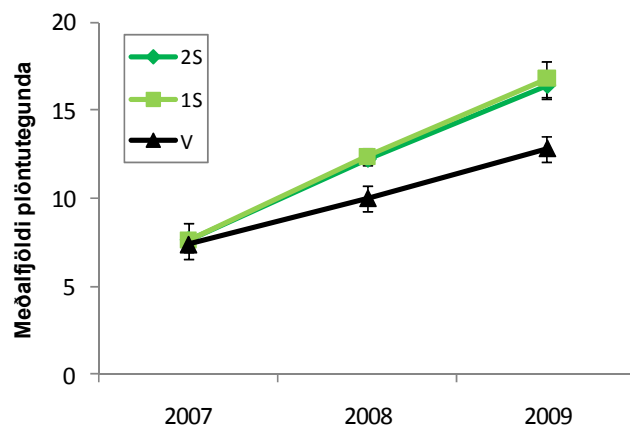
		2007			2008			2009			2007	
		Viðmiðunareitir	Viðtökureitir 1S (fyrir slægjudreifingu)	Viðtökureitir 2S (fyrir slægjudreifingu)	Viðmiðunareitir	Viðtökureitir 1S* ¹	Viðtökureitir 2S* ²	Viðmiðunareitir	Viðtökureitir 1S* ¹	Viðtökureitir 2S* ²	Gjafareitir 1S (fyrir slátt)	Gjafareitir 2S (fyrir slátt)
Kolviðarhóll												
Latnesk heiti	Íslensk heiti											
Háplöntur												
<i>Agrostis capillaris</i>	Hálingresi	+	+	+	+	1	1	1	3	3	34	15
<i>Agrostis</i> sp.	Língresi	0	0	0	0	+	+	+	0	0	0	0
<i>Agrostis stolonifera</i>	Skríðlíngresi	0	0	0	+	+	0	+	+	0	0	0
<i>Agrostis vinealis</i>	Týtulíngresi	+	0	0	+	+	0	+	+	+	0	+
<i>Bistorta vivipara</i>	Kornsúra	0	0	0	0	+	1	0	+	1	1	1
<i>Carex bigelowii</i>	Stinnastör	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2	5
<i>Cerastium fontanum</i>	Vegarfi	+	+	+	1	1	2	2	8	10	+	+
<i>Deschampsia caespitosa</i>	Snarrótarpuntur	0	0	0	+	0	0	2	5	2	4	4
<i>Epilobium</i> sp.	Dúnurt	0	0	0	0	+	+	0	+	+	0	0
<i>Equisetum arvense</i>	Klóelfting	+	1	1	3	4	4	7	17	14	1	+
<i>Festuca rubra</i> ssp <i>richardsonii</i>	Túnvingull	0	0	+	1	1	2	4	5	10	1	1
<i>Festuca</i> sp.	Vingull	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Festuca vivipara</i>	Blávingull	0	0	0	1	1	3	1	5	13	17	12
<i>Galium boreale</i>	Krossmaðra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8
<i>Galium normanii</i>	Hvítmáðra	0	0	0	0	0	+	0	+	+	1	1
<i>Galium verum</i>	Gulmaðra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4
<i>Luzula multiflora</i>	Vallhæra	0	+	+	+	1	2	+	2	5	1	1
<i>Luzula spicata</i>	Axhæra	0	0	0	+	0	0	+	0	0	0	0
<i>Poa pratensis</i>	Vallarsveifgras	0	+	+	+	+	+	+	+	1	+	1
<i>Selaginella selaginoides</i>	Mosajafni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+
<i>Thalictrum alpinum</i>	Brjóstagras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+
<i>Viola palustris</i>	Mýrfjóra	+	+	0	0	0	+	0	0	0	1	+
Mosar												
<i>Climacium dendroides</i>	Krónumosi	0	0	0	+	0	0	+	1	1	1	0
<i>Hylocomium splendens</i>	Tildurmosi	+	+	+	+	2	9	1	10	16	55	3
<i>Polytrichum/Pogonatum</i> sp.	Hadd-/Höttmosi	+	+	+	+	+	+	+	1	1	1	1
<i>Racomitrium ericoides</i>	Melagambri	1	1	+	1	+	1	3	5	16	0	1
<i>Racomitrium lanuginosum</i>	Hraungambri	0	0	0	+	0	0	+	+	+	+	1
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>	Engjaskraut	1	+	1	1	1	1	1	12	18	7	7
<i>Sanonia uncinata</i>	Móasigð	0	0	0	0	+	0	+	2	1	+	1
	Aðrir mosar	0	0	0	0	+	0	0	+	0	0	+
Fléttur												
<i>Cetraria islandica</i>	Fjallagrös	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+
<i>Cladonia arbuscula</i>	Hreindýrakrókar	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+
<i>Cladonia</i> sp.	Krókar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+
<i>Peltigera</i> sp.	Engjaskófir	0	0	0	0	+	+	0	+	+	+	+
<i>Stereocaulon</i> sp.	Breyskjufléttur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+

*¹ : 1S: fyrri sláttur; gjafasvæði slegið og fræslægju dreift í ógróna reiti 16.ágúst 2007

*²: 2S: seinni sláttur; gjafasvæði slegið og fræslægju dreift í ógróna reiti 29.ágúst 2007.



Mynd 2.9. Smáplöntur af kornsúru, vallhæru og blávingli og mosabrot að nema land í viðtökureitum fræslægju við Kolviðarhól 20. ágúst 2008.

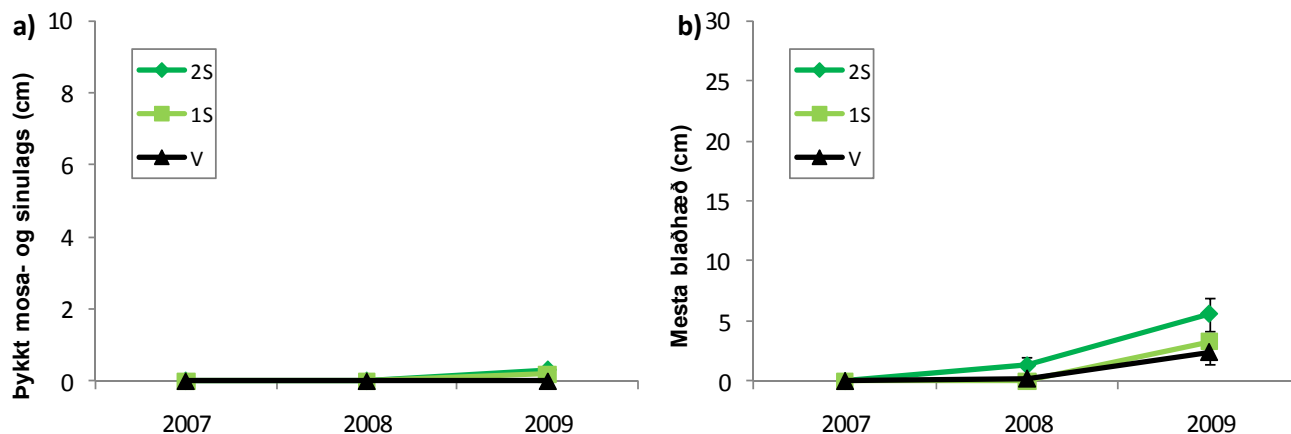


Mynd 2.10. Þróun á meðalfjölda plöntutegunda (meðaltöl \pm 1 staðalskekkja) í 2 m² viðtöku- og viðmiðunarreitum í fræslægjutilraun við Kolviðarhól á Hellisheiði 2007-2009. Táknin standa fyrir eftirfarandi tilraunameðferðir: V: viðmiðun; engri fræ- og mosaslægju dreift á viðmiðunarreiti, 1S: fyrri sláttur, gjafasvæði slegið og fræslægju dreift í viðtökureiti 16.ágúst 2007, 2S: seinni sláttur; gjafasvæði slegið og fræslægju dreift í viðtökureiti 29.ágúst 2007.

Mismunandi sláttutími hafði hins vegar ekki marktæk áhrif á meðalfjölda. Til samanburðar var meðalfjöldi plöntutegunda í gjafareitum við Kolviðarhól 15,2 tegundir í 2 m² reit sumarið 2007, áður en reitir voru slegnir.

1.E. Þykkt mosalags og blaðhæð háplantna

Nær engar breytingar voru í þykkt mosalags í viðtöku- og viðmiðunarreitum við Kolviðarhól árin 2007-2009 (mynd 2.11a), en hins vegar mældist nokkur aukning í mestu blaðhæð háplantna í öllum reitum en ekki var marktækur munur milli meðferða sumarið 2008 ($p=0,07$) né 2009 ($p=0,2$) (mynd 2.11b).



Mynd 2.11. Þróun í **a)** þykkt mosalags og **b)** mestu blaðhæð háplantna (meðaltöl \pm 1 staðalskekka) í viðtöku- og viðmiðunarreitum í fræslægjutilraun við Kolviðarhól á Hellsheiði 2007-2009. Táknin standa fyrir eftirfarandi tilraunameðferðir: V: viðmiðun; engri fræ- og mosaslægju dreift á viðmiðunarreit, 1S: fyrri sláttur, gjafasvæði slegið og fræslægju dreift í viðtökureiti 16. ágúst 2007, 2S: seinni sláttur; gjafasvæði slegið og fræslægju dreift í viðtökureiti 29. ágúst 2007.

1. Kolviðarhóll, reitir frá 2008

Engar nýjar plöntutegundir fundust í reitum sem fengu fræslægju 15. september 2008, umfram þær sem fundust í viðtökureitum frá 2007 og lýst var hér að framan.

Meðalþéttleiki smáplantna af vingli (*Festuca* sp.) var marktækt meiri í viðtökureitum sem fengu fræslægju 15. september 2008 (79 plöntur m^{-2}) en í viðmiðunarreitum frá 2008 (18 plöntur m^{-2}) ($p=0,021$) (tafla 2 í viðauka 1). Í sömu reitum var þéttleiki smáplantna af vegarfa marktækt meiri, eða 29 plöntur m^{-2} , í viðtökureitum en í viðmiðunarreitum, þar sem meðalfjöldi var 3 plöntur m^{-2} ($p=0,012$).

Smáplöntur af kornsúru, snarrótarpunti (*Deschampsia caespitosa*) og möðru (*Galium* sp.) (mynd 2.12), fundust eingöngu í viðtökureitum en ekki viðmiðunarreitum, en engar háplöntutegundir fundust sem smáplöntur eingöngu í viðmiðunarreitum (tafla 2 í viðauka 1).



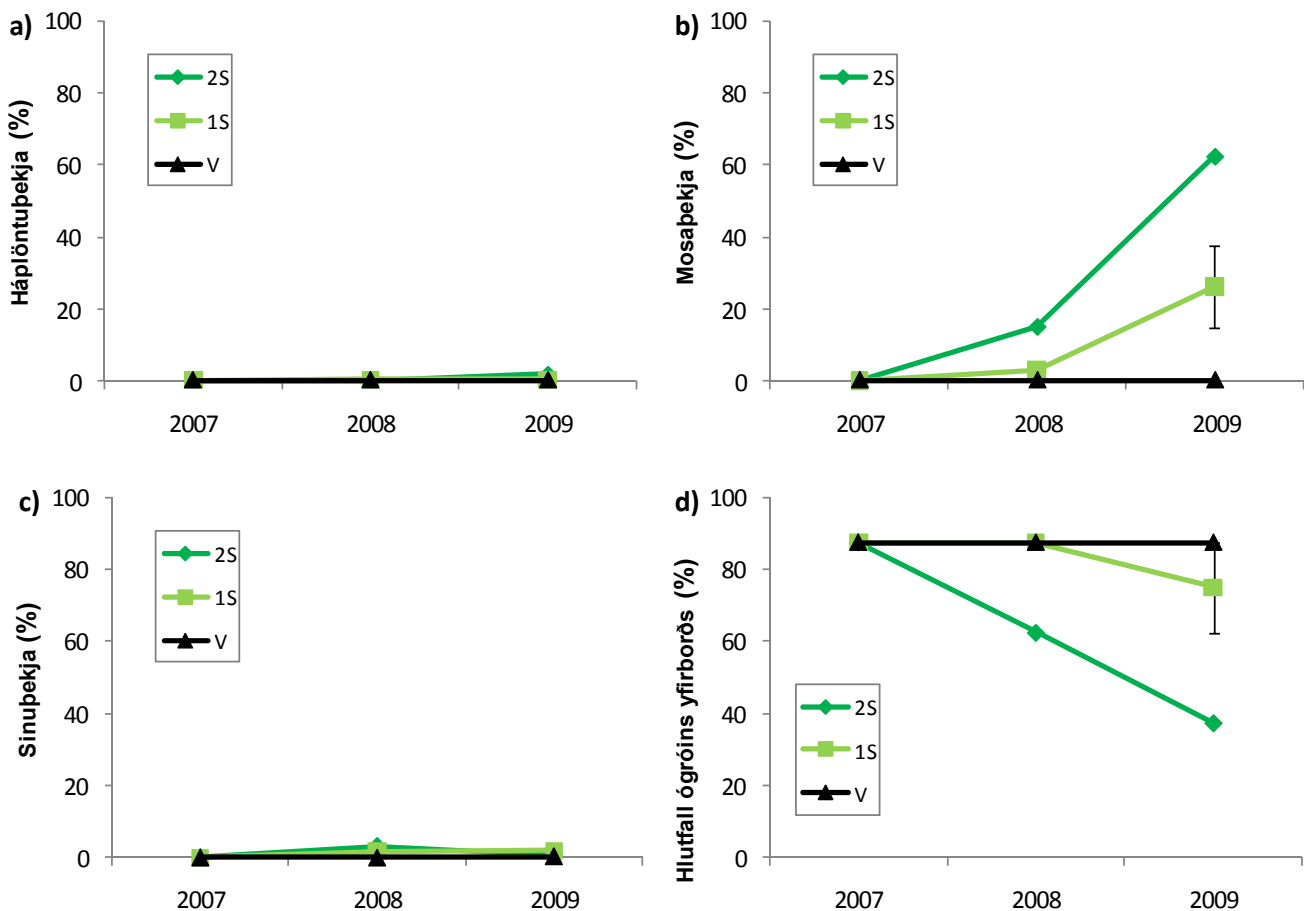
Mynd 2.12. Fræplöntur af möðru (*Galium* sp.) að nema land í viðtökureit fræslægju við Kolviðarhól, 12. ágúst 2009.

2. Skarðsmýrarfjall, reitir frá 2007

2.A. Plöntuhópar

Í tilrauninni sunnan Skarðsmýrarfjalls var mjög lítil heildarþekja háplantna og nánast engar breytingar á háplöntuþekju í viðtökureitum fræslægju árin 2007-2009 (mynd 2.13a). Heildarþekja mosa í viðtökureitum jókst hins vegar verulega eftir dreifingu fræ- og mosaslægjunnar (mynd 2.13b). Mosaðekja var minni en 1% í öllum reitum sumarið 2007 fyrir slægjudreifingu, og ári eftir (2008) var mosaðekja sú sama í viðmiðunarreitum en orðin 3% og 15% í viðtökureitum. Sumarið 2009 var mosaðekja orðin margfalt meiri, eða 26% og 62%, í viðtökureitum samanborið við viðmiðunarreiti sem höfðu enn um 1% mosaðekju (mynd 2.13.b).

Sinuþekja jókst örllítið í viðtökureitum 2008 samanborið við viðmiðunarreiti (mynd 2.13c). Hlutfall ógróins lands minnkaði í takt við aukna mosaðekju í viðtökureitum en nær engar breytingar voru í viðmiðunarreitum þar sem hlutfall ógróins yfirborðs var enn mjög hátt sumarið 2009 (mynd 2.13d).

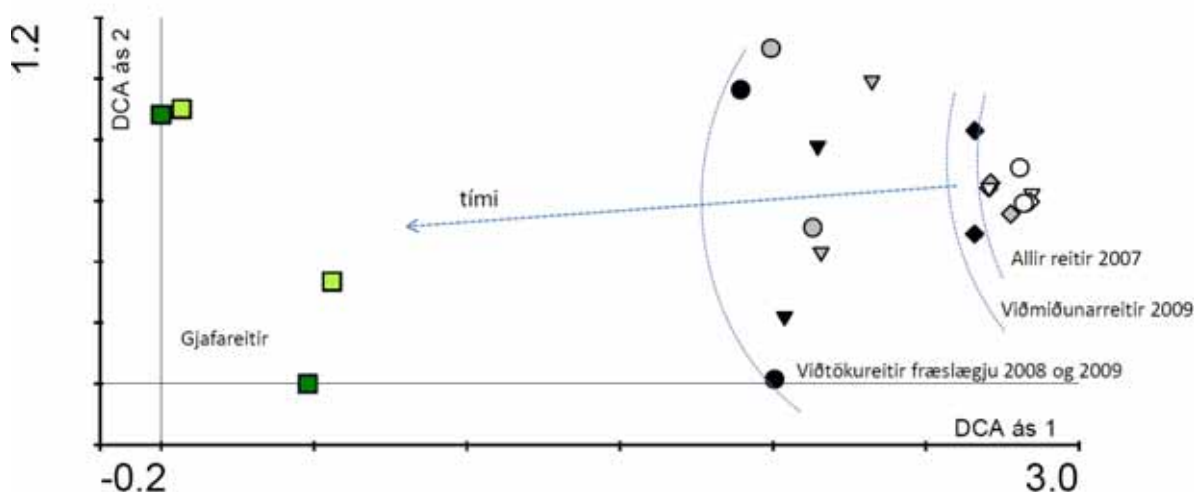


Mynd 2.13. Þróun **a)** háplöntuþekju, **b)** mosaðekju, **c)** sinuþekju og **d)** hlutfalls ógróins yfirborðs (meðaltöl ± 1 staðalskekkja) í viðtöku- og viðmiðunarreitum í fræslægjutilraun sunnan Skarðsmýrarfjalls á Hellisheiði 2007-2009. Táknin standa fyrir eftirfarandi tilraunamedferðir: V: viðmiðun; engri fræ- og mosaslægju dreift á viðmiðunarreiti, 1S: fyrri sláttur, gjafasvæði slegið og fræslægju dreift í viðtökureiti 16.ágúst 2007, 2S: seinni sláttur; gjafasvæði slegið og fræslægju dreift í viðtökureiti 29.ágúst 2007.

2.B. Flóra

Þróun gróðurfars í viðtöku- og viðmiðunarreitum sunnan Skarðsmýrarfjalls árin 2007 til 2009 var í átt að gjafareitum (mynd 2.14). Viðtökureitir fræslægjunnar 2008-2009 voru orðnir nokkuð líkari gjafareitum gróðurfarslega (minnst um 1,5 staðalfrávikseiningar) en viðmiðunarreitir 2008-2009. Viðtökureitir sem fengu fræslægju þann 29. ágúst 2007 voru orðnir dálítið líkari gjafareitum gróðurfarslega en reitir sem fengu fræslægju þann 16. ágúst 2007. Áður en fræslægju var dreift sumarið 2007 var tegundasamsetning mjög svipuð í öllum reitum (opin tákni), en eftir slægjudreifinguna varð meiri munur á reitunum (grá og svart tákni) (mynd 2.14). Heildarbreytileiki gagnanna í DCA-fjölbreytugreiningunni var 2,85 staðalfrávikseiningar (SD units). DCA-greiningin (fyrsti og annar DCA-ásinn) skýrði stóran hluta af breytileika gagnanna eða 51,8 %.

Háplöntur höfðu mjög litla þekju í viðtöku- og viðmiðunarreitum sunnan Skarðsmýrarfjalls (mynd 2.13a). Nokkrar plöntutegundir fundust eingöngu í viðtökureitum fræslægju en ekki viðmiðunarreitum. Það voru geldingarhnaппur (*Armeria maritima*), krækilyng (*Empetrum nigrum*), hvítmaðra, lambagras (*Silene acaulis*) og mýrfjóla og fléttur hreindýrakraókar (*Cladonia arbuscula*) (tafla 2.2). Tvær plöntutegundir; tildurmosi (*Hylocomium splendens*) og breyskjufléttur (*Stereocaulon* sp.) fundust aftur á móti eingöngu í viðmiðunarreitum en ekki viðtökureitum.



Mynd 2.14. Þróun gróðurfars í viðtöku- og viðmiðunarreitum í fræslægjutilraun sunnan Skarðsmýrarfjalls á Hellisheiði 2007-2009. Myndin er niðurstaða DCA-greiningar fyrir reiti (punktar á mynd) og er byggð á þekju allra háplöntutegunda, algengustu mosa- og fléttutegunda, sinu og hlutfalli ógróins yfirborðs. Heildarfjöldi reita var sex (þrjár meðferðir, tvær endurtekningar) og var hver reitur mældur í þrjú ár (samtals 18 punktar), auk fjögurra gjafareita. Táknin standa fyrir eftirfarandi: grænir ferningar tákna gjafareiti fyrir slátt en þeir voru slegnir 16. ágúst 2007 (dökkir), og 29. ágúst 2007 (ljósir). Hringir tákna viðtökureiti sem fengu fræslægju 29. ágúst 2007 og mældir 2007 (fyrir dreifingu slægju, hvítir), 2008 (gráir) og 2009 (svartir). Þríhyrningar tákna viðtökureiti sem fengu fræslægju 16. ágúst 2007 og mældir 2007 (fyrir dreifingu slægju, hvítir), 2008 (gráir) og 2009 (svartir). Tíglar tákna viðmiðunarreiti sem fengu enga fræslægju og mældir 2007 (hvítir), 2008 (gráir) og 2009 (svartir).

Melagambri (*Racomitrium ericoides*) hafði margfalt meiri þekju (tafla 2.2 og mynd 2.15) í viðtökureitum fræslægju en viðmiðunarreitum en engin tegund hafði aftur á móti meiri þekju í viðmiðunar- en viðtökureitum. Margar plöntutegundir, s.s. krækilyng, grasvíðir (*Salix herbacea*), aðalbláberjalyng (*Vaccinium myrtillus*) og bláberjalyng (*Vaccinium uliginosum*), sem voru algengar í gjafareitum höfðu lítið eða ekkert numið land í viðtökureitum (tafla 2.2).

2.C. Smáplöntur

Smáplöntur (yfirléitt kímplöntur) voru taldar sunnan Skarðsmýrarfjalls fyrsta sumarið eftir að dreifing fræslægju fór fram (2008) og einnig að tveimur árum liðnum (2009). Sumarið 2008 var mestur þéttleiki af kornsúru (meðalfjöldi 21 plöntur m⁻²), vingli (16 plöntur m⁻²) og ljónslappa (*Alchemilla alpina*) (16 plöntur m⁻²) í viðtökureitum fræslægju, en mun minni þéttleiki var af smáplöntum í viðmiðunarreitum (mest 3 plöntur m⁻² af axhæru og ljónslappa) (tafla 3 í viðauka 1). Sumarið 2009 fundust mest 29 plöntur m⁻² af ljónslappa (mynd 2.15) og vingli í viðtökureitum en mest 3 plöntur m⁻² af vingli og hærnum í viðmiðunarreitum (tafla 4 í viðauka 1). Fjórar tegundir háplantna; kornsúra, krækilyng, língresi (*Agrostis* sp.) og lambgras, fundust sem smáplöntur eingöngu í viðtökureitum en ekki viðmiðunarreitum. Ein háplöntutegund, axhæra, fannst hins vegar eingöngu í viðmiðunarreitum en ekki viðtökureitum.



Mynd 2.15. Melagambri (*Racomitrium ericoides*) í viðtökureit fræslægju sunnan Skarðsmýrarfjalls og nokkrar fræplöntur af ljónslappa innan um mosann, 24.ágúst 2009.

Tafla 2.2. Meðalþekja (%) einstakra háplöntutegunda og algengustu mosa- og fléttutegunda í fræslægjutilraun sunnan Skarðsmýrarfjalls á Hellisheiði 2007-2009 (+ : þekja ≤ 0,5 %).

Skarðsmýrarfjall		2007			2008			2009			2007	
		Viðmiðunarreitir	Viðtökureitir 1S (fyrir slægjudreif)	Viðtökureitir 2S (fyrir slægjudreif)	Viðmiðunarreitir	Viðtökureitir 1S ^{*1}	Viðtökureitir 2S ^{*2}	Viðmiðunarreitir	Viðtökureitir 1S ^{*1}	Viðtökureitir 2S ^{*2}	Gjafareitir 1S (fyrir slátt)	Gjafareitir 2S (fyrir slátt)
Latnesk heiti	Íslensk heiti											
Háplöntur												
<i>Agrostis</i> sp.	Língresi	+	0	+	+	0	+	+	0	1	0	0
<i>Agrostis vinealis</i>	Týtulíngresi	+	+	0	+	0	0	0	0	1	2	2
<i>Alchemilla alpina</i>	Ljónslappi	0	0	0	+	+	1	+	+	+	8	8
<i>Alchemilla vulgaris</i>	Mariustakkur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Ilmreyr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+
<i>Armeria maritima</i>	Geldingahnappur	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0
<i>Avenella flexuosa</i>	Bugðupuntur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
<i>Bartsia alpina</i>	Smjörgras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
<i>Bistorta vivipara</i>	Kornsúra	+	+	+	+	0	+	0	0	+	+	+
<i>Carex bigelowii</i>	Stinnastör	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	2
<i>Empetrum nigrum</i>	Krækilyng	0	0	0	0	+	+	0	+	+	39	26
<i>Equisetum arvense</i>	Klóelfting	0	+	0	+	0	0	0	0	0	0	0
<i>Euphrasia frigida</i>	Augnfró	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
<i>Festuca rubra ssp richard.</i>	Túnvingull	0	0	0	0	+	+	+	1	1	+	+
<i>Festuca</i> sp.	Vingull	0	0	0	0	0	+	+	+	0	0	0
<i>Festuca vivipara</i>	Blávingull	0	+	0	0	+	+	+	+	1	1	+
<i>Galium normanii</i>	Hvítmaðra	0	0	0	0	0	+	0	0	+	+	1
<i>Geranium sylvaticum</i>	Blágresi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+
<i>Juncus trifidus</i>	Móasef	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	+
<i>Leontodon autumnalis</i>	Skarifífill	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	2
<i>Luzula</i> sp.	Hærutegund	0	0	0	+	0	+	+	+	+	0	0
<i>Salix herbacea</i>	Grasviðir	+	+	0	0	+	0	0	0	0	9	3
<i>Selaginella selaginoides</i>	Mosajafni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+
<i>Sibbaldia procumbens</i>	Fjallasmári	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+
<i>Silene acaulis</i>	Lambagras	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+	0
<i>Thalictrum alpinum</i>	Brjóstagras	+	+	+	0	0	+	0	0	+	+	+
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Aðalbláberjalyng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8
<i>Vaccinium uliginosum</i>	Bláberjalyng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	26
<i>Viola palustris</i>	Myrfjöla	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	+
Mosar												
<i>Hylocomium splendens</i>	Tildurmosi	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0
<i>Polytrichum/Pogonatum</i> sp.	Hadd- /Höttmosi	0	0	0	0	+	+	0	1	+	+	+
<i>Racomitrium elongatum</i>	Fjaðurgambri	0	+	+	0	+	+	0	+	+	+	+
<i>Racomitrium ericoides</i>	Melagambri	+	+	+	+	2	9	1	26	50	33	51
<i>Racomitrium lanuginosum</i>	Hraungambri	0	0	0	0	0	0	+	+	+	8	2
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>	Engjaskraut	0	0	+	+	+	2	+	+	2	8	19
<i>Sanonia uncinata</i>	Móasigð	0	0	0	0	0	+	0	+	0	19	2
Fléttur												
<i>Cetraria islandica</i>	Fjallagrös	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
<i>Cladonia arbuscula</i>	Hreindýrakraókar	0	0	0	0	+	+	0	+	+	8	2
<i>Cladonia</i> sp.	Krókar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
<i>Peltigera</i> sp.	Engjaskófir	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
<i>Stereocaulon</i> sp.	Breyskjufléttur	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0

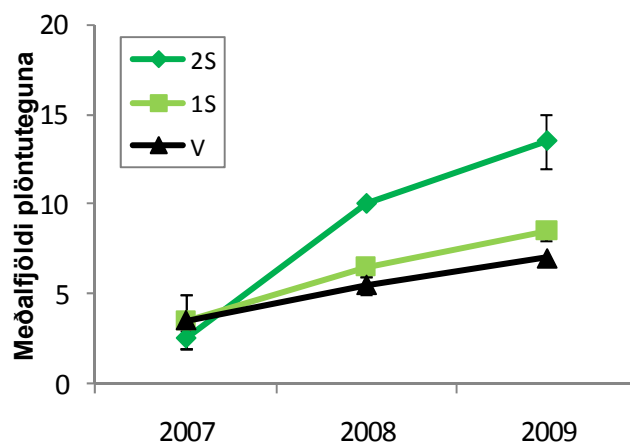
*¹ : 1S: fyrri sláttur, gjafasvæði slegið og fræslægju dreift í ógróna reiti 16.ágúst 2007

*²: 2S: seinni sláttur; gjafasvæði slegið og fræslægju dreift í ógróna reiti 29.ágúst 2007.

2.D. Fjöldi plöntutegunda

Meðalfjöldi háplöntutegunda og algengustu mosa- og fléttutegunda í öllum reitum sumarið 2007 fyrir fræslægjudreifingu var 2,5-3,5 tegundir í 2 m² reit (mynd 2.16). Sumarið 2008 var meðalfjöldi tegunda orðin töluvert meiri í viðtökureitum sem fengu slægju 29. ágúst 2007 en lítill munur var á meðalfjölda tegunda í viðtökureitum sem fengu slægju 16. ágúst 2007 og viðmiðunarreitum. Sumarið 2009 hafði meðalfjöldi í viðtökureitum sem fengu slægju frá seinni sláttutíma aukist í 13,5 tegundir á 2 m², á móti 8,5 tegundum í 2 m² reit í viðtökureitum sem fengu slægju frá fyrri sláttutíma, og 7 tegundum í 2 m² í viðmiðunarreitum.

Til samanburðar var meðalfjöldi í gjafareitum sunnan Skarðsmýrarfjalls 18,3 tegundir í 2 m² reitum sumarið 2007 fyrir slátt.



Mynd 2.16. Þróun á meðalfjölda plöntutegunda (meðaltöl \pm 1 staðalskekkja) í 2 m² viðtöku- og viðmiðunarreitum í fræslægjuutilraun sunnan Skarðsmýrarfjalls á Helliðshéi 2007-2009. Táknin standa fyrir eftirfarandi: V: viðmiðun; engri fræ- og mosaslægju dreift á viðmiðunarreiti, 1S: fyrri sláttur, gjafasvæði slegið og fræslægju dreift í viðtökureiti 16. ágúst 2007, 2S: seinni sláttur; gjafasvæði slegið og fræslægju dreift í viðtökureiti.

2.E. Þykkt mosalags og blaðhæð háplantna

Mosaþekjan sem hafði myndast í viðtökureitum (mynd 2.13b) var þunn og ósamfelld, sérstaklega nærri jöðrum reitanna, og hafði ekki mælanlega þykkt. Blaðhæð var ekki mælanleg vegna lítillar þekju háplantna.

Endurvöxtur staðargróðurs í gjafareitum

1. Kolviðarhóll, reitir frá 2007

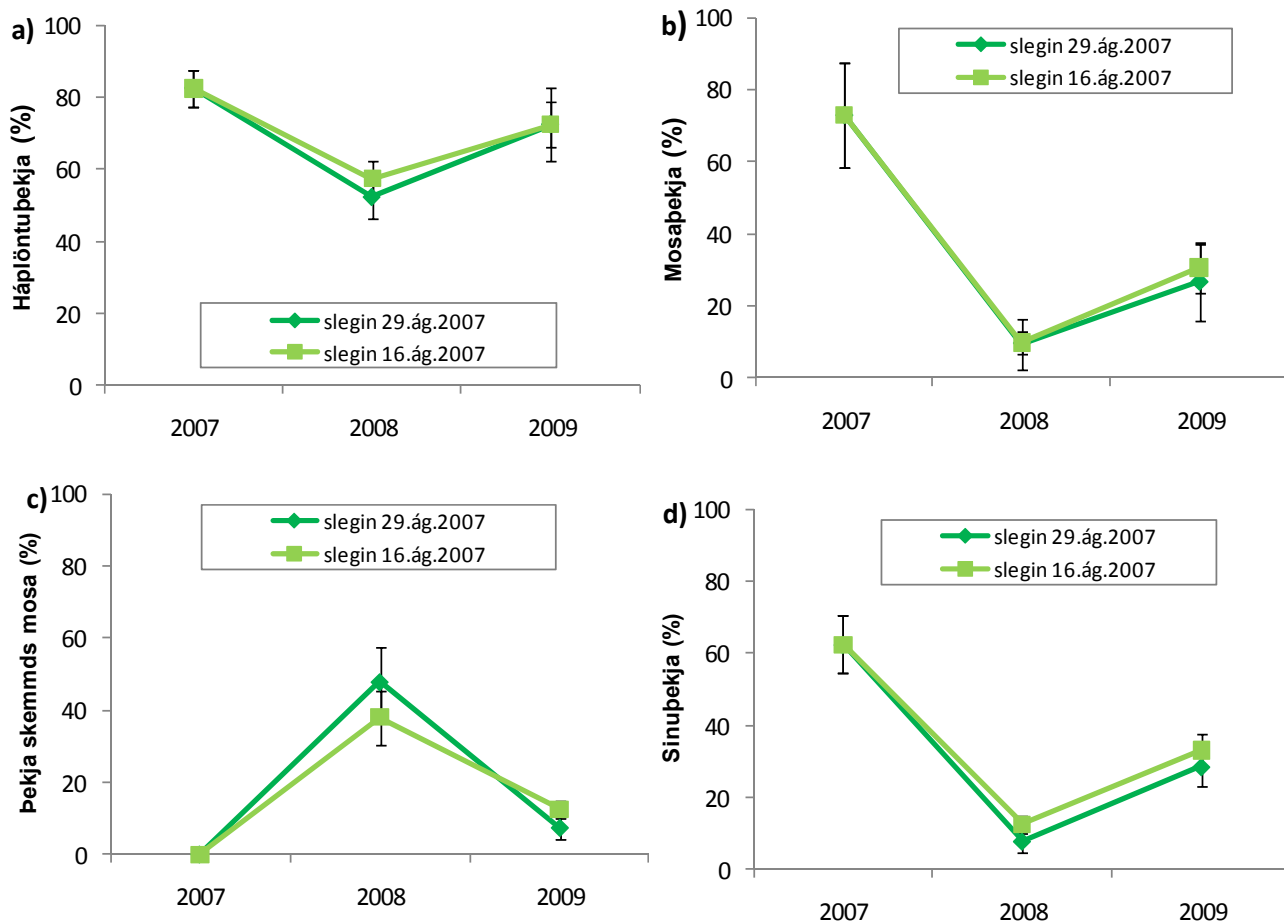
1.A. Plöntuhópar

Endurvöxtur háplantna í kjölfar sláttarins í gjafareitum var kröftugur. Háplöntuþekja fyrir slátt var rúmlega 80% en minnkaði marktækt fyrsta sumarið eftir slátt ($p=0,0003$) (mynd 2.17a). Háplöntuþekjan var komin aftur í ríflega 70% tveimur sumrum eftir slátt og var ekki

marktækur munur á þekjunni fyrir slátt og sumarið 2009 ($p=0,25$) (mynd 2.18). Ekki var marktækur munur á endurvexti háplantna í reitum sem slegnir voru á fyrri og seinni sláttutíma ($p=0,81$).

Sláttur gjafareita minnkaði mosabekju marktækt úr rúmlega 70% í tæp 10% ($p<0,0001$) (mynd 2.17b). Endurvöxtur mosa í kjölfar sláttarins fór úr tæp 10% í um 30% en var aukningin ekki marktæk ($p=0,052$). Marktækur munur var enn á mosabekju fyrir slátt og tveimur árum eftir slátt ($p<0,0001$). Mismunandi sláttutími hafði ekki marktæk áhrif á mosabekju ($p=0,91$).

Þekja skemmds mosa jókst marktækt í kjölfar sláttarins ($p<0,0001$) í samræmi við minnkaða mosabekju, en minnkaði síðan marktækt milli árána 2008 og 2009 ($p<0,0001$). Mismunandi sláttutími hafði ekki marktæk áhrif á þekju skemmds mosa ($p=0,77$) (mynd 2.17c). Sinuþekja minnkaði marktækt í kjölfar sláttarins ($p<0,0001$), en jókst síðan marktækt milli árána 2008-2009 ($p=0,0006$), en var enn marktækt frábrugðin upphaflegri sinuþekju sumarið 2009 ($p<0,0001$). Mismunandi sláttutími hafði ekki marktæk áhrif sinuþekju ($p=0,63$) (mynd 2.17d).



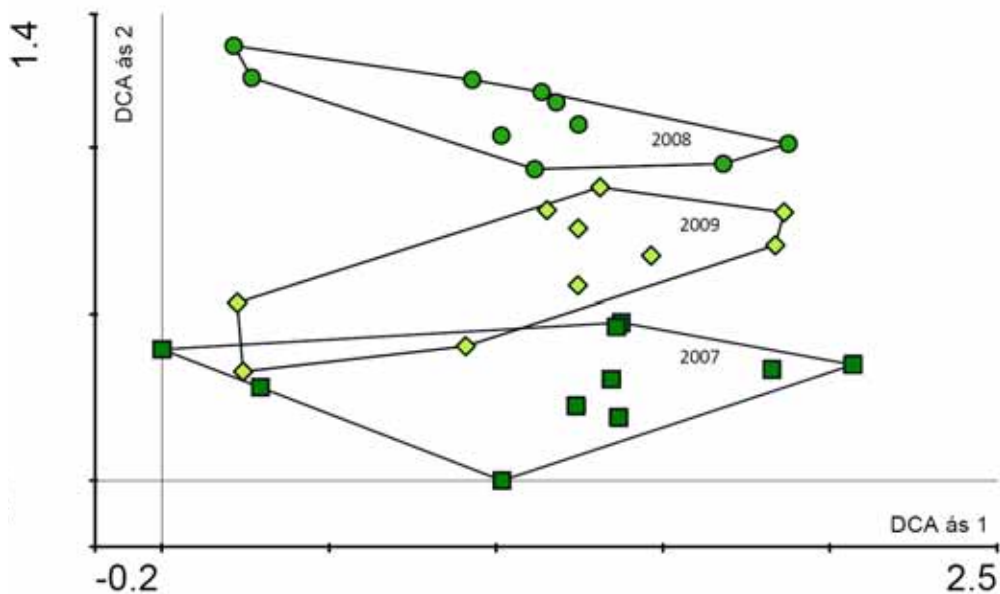
Mynd 2.17. Þróun a) háplöntuþekju, b) mosabekju c) skemmds mosa og d) sinu (meðaltöl \pm 1 staðalskekka) í gjafareitum í fræslægjutilraun við Kolviðarhól á Hellisheiði 2007-2009.



Mynd 2.18. a) Gjafareitur við Kolviðarhól nýsleginn, 17.ágúst 2007, **b)** Gjafareitur við Kolviðarhól tveimur árum eftir slátt, 24.ágúst 2009. Endurvöxtur var góður í gjafareitum og skilin milli reitsins sem slegin var og óslegna umhverfisins eru mjög ógreinileg.

1.B. Flóra

DCA-greiningin á gjafareitum við Kolviðarhól árin 2007 til 2009 sýndi töluverðan breytileika í flóru reitanna en heildarbreytileiki gagnanna var 2,07 staðalfrávikseiningar. Greiningin sýndi þá þróun að gróður reitanna hafði breyst nokkuð við sláttinn sumarið 2008 en endurvöxtur leitt til þess að gróðurfarið sumarið 2009 hafði þróast í átt að því sem var fyrir slátt sumarið 2007 (mynd 2.19). DCA-greiningin (fyrsti og annar DCA-ásinn) skýrði stóran hluta af breytileika gagnanna eða 40,9%.

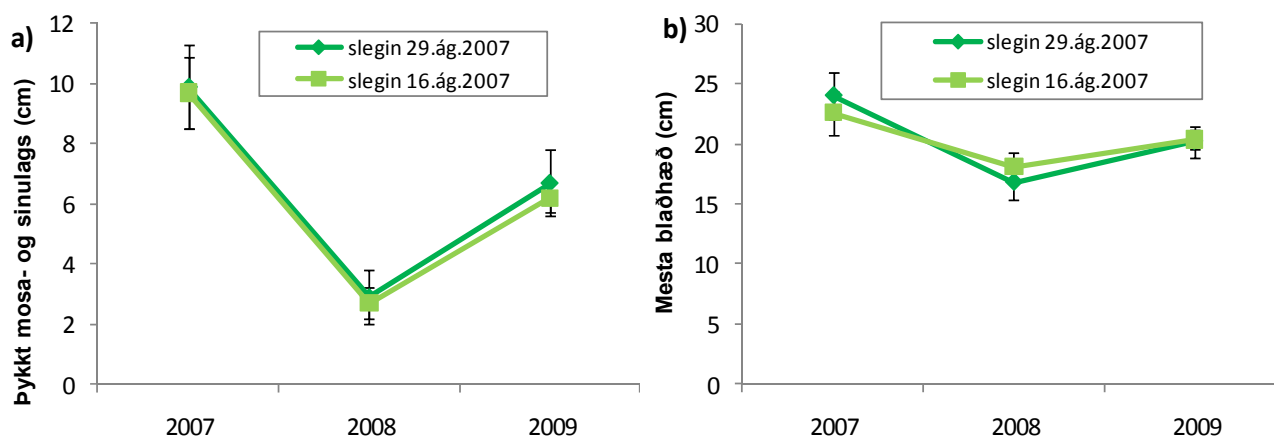


Mynd 2.19. Þróun gróðurfars í gjafareitum í fræslægjutilraun við Kolviðarhól á Hellisheiði 2007-2009. Myndin er niðurstaða DCA-greiningar fyrir reiti (punktar á mynd) og er byggð á þekju allra háplöntutegunda, algengustu mosa- og fléttutegunda, sinu og hlutfalli ógróins yfirborðs. Fjöldi reita var tíu (tvær meðferðir, fimm endurtekningar) og var hver reitur mældur í þrjú ár (samtals 30 punktar). Táknin standa fyrir eftirfarandi: Dökkgrænir ferningar tákna reiti sumarið 2007 (fyrir slátt), milligrænir hringir tákna sömu reiti 2008, og ljósgrænir tíglar tákna sömu reiti 2009.

1.C. Þykkt mosalags og blaðhæð háplantna

Meðalþykkt mosalags í gjafareitum fyrir slátt var tæpir 10 cm, minnkaði marktækt fyrsta sumarið eftir slátt ($p < 0,0001$) en jókst aftur marktækt sumarið 2009 ($p < 0,0001$) (mynd 2.20a). Mosalagið hafði þó ekki náð sömu þykkt og var fyrir slátt sumarið 2009 ($p < 0,0001$). Mismunandi sláttutími hafði ekki marktæk áhrif á þykkt mosalags í reitum ($p = 0,83$).

Mesta blaðhæð háplantna í gjafareitum fyrir slátt um 23 cm, minnkaði marktækt fyrsta sumarið eftir slátt ($p < 0,0001$) en jókst aftur marktækt sumarið 2009 ($p = 0,01$) (mynd 2.20b). Sumarið 2009 hafði mesta blaðhæð þó ekki náð sömu hæð og var fyrir slátt ($p = 0,007$). Mismunandi sláttutími hafði ekki marktæk áhrif á mestu blaðhæð ($p = 0,99$).



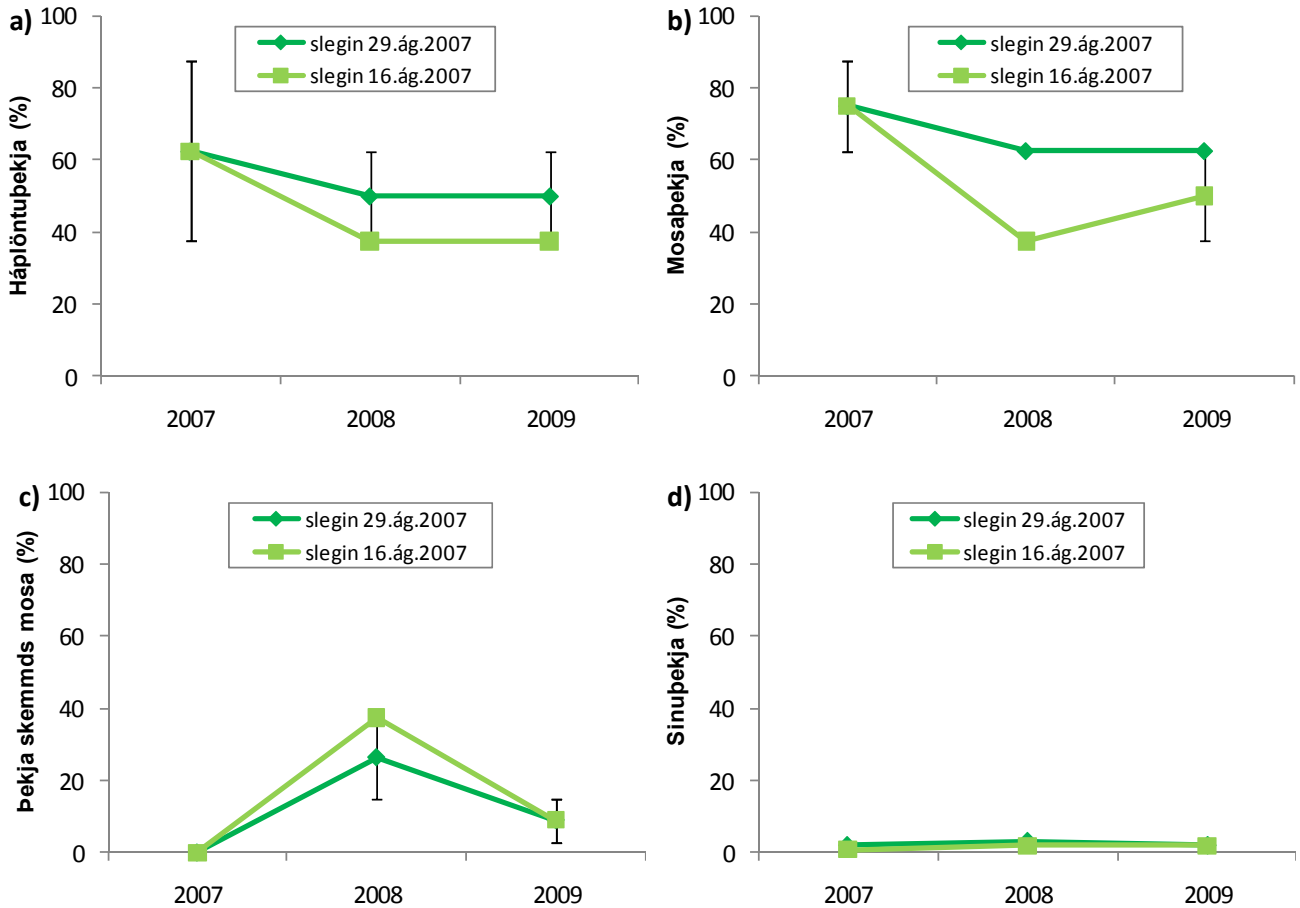
Mynd 2.20. Þróun í **a)** þykkt mosa- og sinulags, **b)** mestu blaðhæð (meðaltöl \pm 1 staðalssekkja) í gjafareitum í fræslægjutilraun við Kolviðarhól á Helliðshéiði 2007-2009.

2. Skarðsmýrarfjall, reitir frá 2007

2.A. Plöntuhópar

Sláttur á gjafareitum sunnan Skarðsmýrarfjalls minnkaði háplöntuþekju þeirra úr 63% í 38% og 50% sumarið 2008. Endurvöxtur háplantna í kjölfar sláttarins var hægur og stóð þekja í stað milli árána 2008 og 2009 (mynd 2.21a). Mosþekja minnkaði úr 75% í 38% (slegið 16. ágúst 2007) og 63% (slegið 29. ágúst 2007) í kjölfar sláttarins, en endurvöxtur mosa jók þekjuna í 50% í reitum sem slegnir voru á fyrri sláttutíma. Mosþekja í reitum sem slegnir voru á seinni sláttutíma stóð í stað milli árána 2008 og 2009 (mynd 2.21.b)

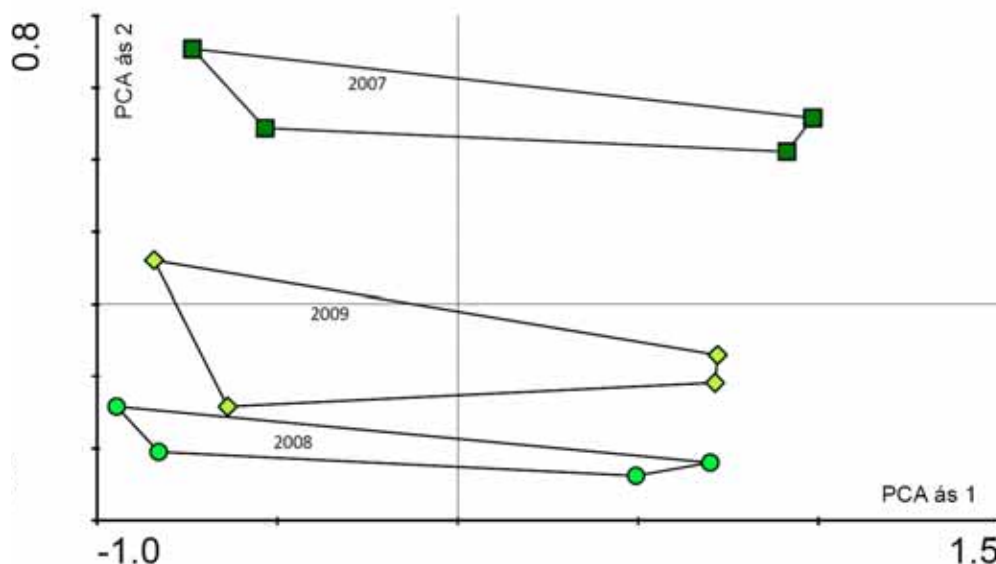
Þekja skemmds mosa jókst í takt við minnkaða mosþekju, en minnkaði síðan milli árána 2008-2009 og voru áhrif mismunandi sláttutíma svipuð (mynd 2.21c). Mjög lítil sína var í gjafareitum sunnan Skarðsmýrarfjalls og nær engar breytingar urðu á sinuþekju á athugunartímanum (mynd 2.21d).



Mynd 2.21. Þróun **a)** háplöntuþekju, **b)** mosaþekju **c)** skemmds mosa og **d)** sinu (meðaltöl \pm 1 staðalskekkja) í gjafareitum í fræslægjutilraun sunnan Skarðsmýrarfjalls á Hellisheiði 2007-2009.

2.B. Flóra

PCA-greining á gjafareitum sunnan Skarðsmýrarfjalls árin 2007 til 2009 sýndi þann meginbreytileika gagnanna að tveir reitir höfðu líkt gróðurfar og aðrir tveir annars konar gróður. Annars vegar var um að ræða mosaríkan lyngmóa (vinstra megin á mynd), hins vegar var um að ræða lyngmóa við brekkurætur þar sem líklegt er snjór liggi lengi (hægra megin á mynd) (mynd 2.22). Tegundasamsetningin breyttist nokkuð sumarið 2008 í kjölfar sláttarins en endurvöxtur leiddi til þess að sumarið 2009 voru reitirnir orðnir líkari gróðurfarinu sem var fyrir slátt 2007 (mynd 2.23). Heildarbreytileiki gagnanna var 1,91 staðalfrávikseiningar og PCA-greiningin (fyrsti og annar PCA-ásinn) skýrði stóran hluta af breytileika gagnanna eða 67,2 %.



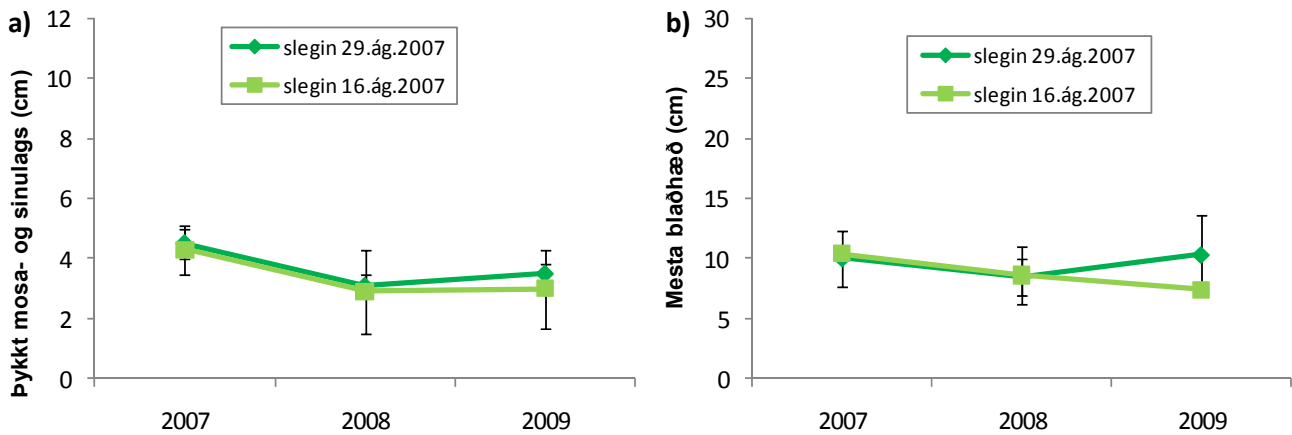
Mynd 2.22. Þróun gróðurfars í gjafareitum í fræslægjutilraun sunnan Skarðsmýrarfjalls á Hellisheiði 2007-2009. Myndin er niðurstaða PCA-greiningar fyrir reiti (punktar á mynd) og er byggð á þekju allra háplöntutegunda, algengustu mosa- og fléttutegunda, sinu og hlutfalli ógróins yfirborðs. Fjöldi reita var fjórir (tvær meðferðir, tvær endurtekningar) og var hver reitur mældur í þrjú ár (samtals 12 punktar). Táknin standa fyrir eftirfarandi: Dökkgrænir ferningar tákna reiti sumarið 2007 (fyrir slátt), milligrænir hringir tákna sömu reiti mældu 2008, og ljósgrænir tíglar tákna sömu reiti mældu 2009.



Mynd 2.23. Gjafareitur sunnan Skarðsmýrarfjalls tveimur árum eftir slátt. Endurvöxtur háplantna var góður í gjafareitum og skilin milli reitsins sem slegin var og óslegna umhverfisins ógreinileg, 24.ágúst 2009.

2.C. Þykkt mosalags og blaðhæð háplantna

Meðalþykkt mosalags í gjafareitum sunnan Skarðsmýrarfjalls fyrir slátt voru rúmlega 4 cm, en minnkaði dálítið fyrsta sumarið eftir slátt og var svipaður sumarið 2009. Mismunandi sláttutími hafði lítil áhrif á þykkt mosalags (mynd 2.24a). Mesta blaðhæð háplantna í gjafareitum fyrir slátt var um 10 cm, minnkaði örlítið fyrsta sumarið eftir slátt (2008), jókst lítillega milli ára í reitum sem slegnir voru 29. ágúst 2007 en minnkaði lítillega í reitum sem slegnir voru 16. ágúst 2007 (mynd 2.24b).



Mynd 2.24. Þróun í a) þykkt mosalags, b) mestu blaðhæð háplantna (meðaltöl ± 1 staðalskekkja) í gjafareitum í fræslægjutilraun sunnan Skarðsmýrarfjalls á Hellisheiði 2007-2009.

Umræður

Landnám staðargróðurs í viðtökureitum fræslægju og viðmiðunarreitum

Niðurstöður um þróun gróðurfars á röskuðu landi við Kolviðarhól sýna greinilega að dreifing fræslægju úr mosaríku graslendi jók mjög landnám háplantna og mosa miðað það sem gerðist ef engri slægju var dreift. Heildargróðurþekja í viðtökureitum fræslægju jókst margfalt miðað við viðmiðunarreiti, þekja háplantna var tvöfalt til þrefalt meiri og mosapekja allt að tífalt meiri þar sem fræslægju var dreift samanborið við enga dreifingu (myndir 2.4-2.7). Greining á tegundasamsetningu gróðursins sýnir jafnframt að dreifing fræslægjunnar hraðaði gróðurframvindu á raskaða svæðinu í átt að staðargróðrinum (mynd 2.8). Niðurstöðurnar sýna að margar plöntutegundir sem voru algengar í staðargróðrinum námu land í auknum mæli í reitum þar sem slægju var dreift samanborið við reiti þar sem engri fræslægju var dreift (tafla 2.1).

Mesta landnámið á sér stað fyrsta sumarið eftir dreifingu fræslægju að hausti. Háplöntuþekja jókst nokkuð fyrsta árið en það ár er mestmegnis um kímplöntur að ræða sem mynda ekki mikla gróðurþekju. Aukningin í háplöntuþekju kom því meira fram á öðru ári (mynd 2.4a). Mikill fjöldi smáplantna fannst í nokkrum viðtökureitum fræslægjunnar við Kolviðarhól í ágúst 2008, í kjölfarið á dreifingu slægju árið áður. Þetta voru einkum vinglar (blávingull og túnvingull), kornsúra, og hærur (aðallega vallhæra) en að auki tegundir eins



Mynd 2.25. Blaðgróni puntur blávingulsins dreifist í heilu lagi með fræslægjunni og festir þannig rætur, 20.ágúst 2008.

og hvítmaðra og mýrfjóla (mynd 2.9, mynd 2.12 og tafla 1 og 2 í viðauka 1). Eftir tvö sumur höfðu blávingull, vallhæra, vegarfí, hálingresi og klóelfting mun meiri þekju þar sem fræslægju var dreift, samanborið við reiti þar sem engin dreifing var, og kornsúra fannst eingöngu í viðtökureitum fræslægju en ekki viðmiðunarreitum (tafla 2.1). Blávingull, kornsúra og vallhæra eru algengar í staðargróðrinum af gjafasvæðinu og hefur sáning þessara tegunda tekist vel með dreifingu á fræslægju. Blávingull myndar smáöx og verða blómknapparnir að æxliknöppum með smáblöð þar sem þeir sitja enn í axinu á stráinu. Þegar gróðurinn er sleginn og dreift á jarðvegsyfirborð ná blaðgrónu smáöxin strax snertingu við jarðveg (mynd 2.25). Nýliðun blávinguls í náttúrunni fer yfirleitt þannig fram að stráin falla með smáöxin og puntinn í heilu lagi (Harmer & Lee 1978). Kornsúran myndar æxlikorn neðan til í axinu og berast þau auðveldlega með fræslægjunni, bæði þar sem þau sitja ennþá á stöngli plöntunnar og dreifast laus með heymassanum (mynd 2.26a).



Mynd 2.26. a) Æxlikorn kornsúru tilbúin til söfnunar, 17.ágúst 2007, og b) dökkbrún fræ vallhæru og blaðgróin smáöx blávinguls safnast vel í fræslægjuna, 16.ágúst 2007.

Vallhæran myndar mjög mikið af fræjum sem sitja í toppi strásins og safnast vel í slægjuna (mynd 2.26b).

Líklegt er að fræ hvítmöðru og mýrfjólu hafi einnig borist með slægjunni þar sem þær fundust eingöngu þar sem slægju var dreift. Fræ túnvinguls og vegarfa berast líklega bæði með fræslægjunni og úr næsta umhverfi raskaða svæðisins en þessar tegundir fundust í viðmiðunarreitum en voru algengari í viðtökureitum. Lítil munur var á algengni snarrótarþunns og língresis í viðtöku – og viðmiðunarreitum og er líklegt að þær tegundir berist úr umhverfinu inn í tilraunareitina og sama má segja um klóelftinguna sem myndar öflugar jarðrenglur og fjölgar sér að langmestu leyti með vaxtaræxlun og breiðir gjarnan fljótt úr sér á röskuðum svæðum (Grime 2007).

Dreifing fræslægju úr rýrum en tegundaríkum lyngmóa sunnan Skarðmýrarfjalls hafði aftur á móti takmörkuð áhrif á landnám háplantna, og var meðalháplöntuþekja aðeins um 2% þar sem hún var mest í viðtökureitum fræslægju (mynd 2.13 og tafla 2.2). Þróun gróðurfars þokaðist þó í átt að staðargróðrinum en þær breytingar voru mun hægari en við Kolviðarhól (mynd 2.8 og mynd 2.14). Ef tegundasamsetning gróðurs í viðtökureitum slægju er skoðuð nánar og borin saman við gjafareiti, sést að fáar háplöntutegundir, sem algengar voru í staðargróðrinum, höfðu numið land í kjölfar slægjudreifingar. Algengustu háplönturnar í lyngmóanum voru krækilyng, bláberjalyng, aðalbláberjalyng, grasvíðir og ljónslappi en lítið var af berjum á lynginu þegar það var slegið. Töluvert fannst aftur á móti af smáplöntum ljónslappa í viðtökureitum sunnan Skarðsmýrarfjalls (mestur meðalfjöldi 29,3 m⁻², eða frá 0-80 plöntur m⁻²), bæði fyrsta, en þó meira annað, sumarið eftir slægjuflutning (mynd 2.27). Ljónslappi myndar töluvert af fræi (Lilja Karlsdóttir 2004) og hefur verið prófað að sá honum hérlandis með ágætum árangri, í þeim tilgangi að vita hvort tegundin gæti nýst í landgræðslu (Lilja Karlsdóttir og Ása L. Aradóttir 2006). Handsöfnun fræs getur verið tímafrek og er hugsanlegt að fljótlega sé að slá gjafasvæði og safna fræslægjunni í stað þess



Mynd 2.27. Nokkrar fræplöntur af ljónslappa í viðtökureit fræslægju sunnan Skarðmýrarfjalls 24.ágúst 2009.

að safna eingöngu fræi af plöntunum. Ennfremur sýndi tilraunin að endurvöxtur plantna eftir slátt var góður, þar með talið hjá ljónslappa (sjá betur síðar).

Nokkuð fannst af smáplöntum af kornsúru og vingli í viðtökureitum slægju sunnan Skarðsmýrarfjalls (tafla 3 og 4 í viðauka 1). Að auki fundust eftirfarandi háplöntutegundir eingöngu í viðtökureitum þó í litlu magni væru; geldingahnappur, krækilyng, hvítmaðra, lambgras og mýrfjóla (tafla 2.2). Það er vel hugsanlegt að árangur sáningar með dreifingu fræslægju yrði betri úr gróskuríkari lyngmóa, þar sem lífmassi (slægja) gróðursins er meiri og meira um fræ og dreifieiningar plantna. Gæta yrði þó þess vel að slá gróðurinn ekki of neðarlega til að hlífa smárunnum, mosum og fléttum. Einnig er hugsanlegt að rask af mannavöldum, sem átti sér stað í tilraunareitum sunnan Skarðsmýrarfjalls sumarið 2008, hafi dregið úr landnámi plantna í viðtöku- og viðmiðunarreitum.

Dreifing fræslægju í tilrauninni jók mjög landnám mosategunda miðað við það sem gerðist í viðmiðunarreitum. Tildurmosi (*Hylocomium splendens*) og engjaskraut (*Rhytidiadelphus squarrosus*) höfðu tíu til átjánfalt meiri þekju í viðtökureitum fræslægju en viðmiðunarreitum við Kolviðarhól tveimur árum eftir dreifingu fræslægju, og móasigð (*Sanonia uncinata*) tvö til fjórfalt meiri þekju (tafla 2.1). Tildurmosi og engjaskraut voru mjög algengir í svarðlagi staðargróðursins og hafa borist sem mosabrot í viðtökureitina með slægjunni. Þegar háplöntugróðurinn á gjafasvæðinu var sleginn, skárust efstu hlutar mosanna með. Með fræslægjunni barst því mikið magn mosabrota sem hafa náð að festast við yfirborðið og nema land á raskaða svæðinu. Fyrsta árið eftir slægjudreifingu virtust mosabrotin lítið hafa vaxið en tveimur árum eftir dreifingu höfðu mosarnir tekið við sér farnir að vaxa sem kom fram í mikilli þekjuaukningu milli áranna 2008 og 2009 (mynd 2.4b). Mosar dreifa sér náttúrulega með gróum um langar vegalengdir en þessi dreifingarleið; að nema land með mosabrotum, er líka mjög algeng í náttúrunni (Vanderpoorten og Goffinet 2009), og nýlegar tilraunir hafa sýnt að hægt er að fjölga algengum íslenskum mosum með mosabrotum (Magnea Magnúsdóttir 2010). Einnig sýna aðrar tilraunir á Hellisheiði að dreifing á tættum gróðurtorfum (sem innihalda einnig mosabrot) auka landnám mosategunda (sjá 3. kafla).

Hins vegar er líklegt að melagambri (*Racomitrium ericoides*) hafi komið að mestu úr nærumhverfi raskaða svæðisins við Kolviðarhól þar sem sú tegund var óalgeng í gjafareitum. Sunnan Skarðsmýrarfjalls var það hins vegar aðallega melagambri sem dreifðist með slægjunni en hann var margfalt algengari í viðtökureitum (26% og 50% þekja) en viðmiðunarreitum (1% þekja) (tafla 2.2). Melagambri er einn af algengustu mosum á landinu og þekur oft heilar fjallshlíðar á sunnanverðu hálendinu (Hörður Kristinsson 2010) og er mjög algengur á Hellisheiði auk hraungambra (*R. lanuginosum*) (Guðmundur Guðjónsson o.fl. 2005). Þessi mikla aukning á mosapekju með dreifingu fræslægju er áhugaverð í ljósi þess hve mosagróður er algengur í staðargróðrinum á Hellisheiði og stór þáttur í gróðurfari á landsvísi. Athuganir á náttúrulegri framvindu mosa í vegköntum á Hellisheiði hafa sýnt um 35% mosapekju í 25 ára gömlu vegaraski og um 50% mosapekju í 35 ára gömlu raski (Eygló Gísladóttir 1996). Af samanburði við náttúrulega mosafrauvindu má því sjá að dreifing fræ- og mosaslægju flýttir verulega fyrir myndun mosapekju þar sem 26% og 50% þekja náðist á aðeins tveimur árum í tilrauninni.

Tvær fléttutegundir námu land þar sem fræslægju var dreift; hreindýrakraókar (*Cladonia arbuscula*) á báðum tilraunasvæðunum og engjaskóf (*Peltigera* sp.) við Kolviðarhól. Þekja fléttanna var mjög lítil en fléttur eru mjög lengi að vaxa. Báðar tegundirnar fundust á gjafasvæðum og er líklegast að þær hafi borist með fræslægjunni (tafla 2.1 og tafla 2.2). Það er vel þekkt að fléttur geti dreifst í náttúrunni sem lítil fléttubrot sem fjúka með vindi og nema þannig land á nýjum stöðum (Pyatt 1973). Fléttur höfðu almennt litla þekju á gjafasvæðinu við Kolviðarhól en töluverða þekju sunnan Skarðsmýrarfjalls.

Meðalfjöldi tegunda (háplantna og algengustu mosa- og fléttutegunda) í 2 m² reitum jókst á báðum tilraunasvæðum þar sem fræslægju var dreift samanborið við viðmiðunarreiti (mynd 2.10 og mynd 2.16). Tegundaaúði (species richness) jókst því við dreifingu fræslægju en í þessari úrvinnslu gagna var ekki horft á fjölbreytni (jafnræði, e.evenness) tegundanna. Meðalfjöldi plantna í viðtökureitum fræslægju var tekin að nálgast meðalfjölda í gjafareitum bæði við Kolviðarhól og sunnan Skarðsmýrarfjalls en þó mun hægar á síðarnefnda staðnum enda var mun minna landnám af háplöntum þar. Rétt er þó að minna á að ekki voru allar plöntutegundir með í þessum tölum um meðalfjölda í 2 m² reitum þar sem aðeins algengustu mosar og fléttur voru skráðar. Með þessari aðferð, að flytja dreifingareiningar gróðursins (fræ, æxlikorn, blaðgróin smáox, greinabúta, mosa- og fléttubrot) með fræslægju á raskað svæði, virðist vera hægt að koma landnámi af stað hjá töluverðum hluta tegundaflórunnar úr mosaríka graslendinu og að einhverju leiti úr lyngmóanum.

Það voru ekki allar háplöntutegundir sem dreifðust með fræslægjunni í tilrauninni (tafla 2.1 og tafla 2.2). Nokkar tegundir, s.s. gulmaðra og krossmaðra, sem voru algengar í gjafareitum við Kolviðarhól höfðu ekki numið land í kjölfar slægjuflutnings. Segja má að þessar tegundir hafi töluvert fagurfræðilegt gildi þar sem þær eru fremur stórvaxnar miðað við margar íslenskar blómplöntur, litsterkar og blómmargar og setja því sterkan svip á graslendi og valllendi (mynd 2.28). Áhugavert væri að athuga betur hvort hægt væri að



Mynd 2.28. Gulmaðra í blóma í staðargróðrinum (gjafareitum) við Kolviðarhól, 21.ágúst 2008.

koma þessum tegundum til með flutningi á fræslægju, t.d. með ennhá seinni sláttutíma eða niðri á láglendi þar sem þroskun fræs er hugsanlega betri. Gulmaðra myndar mikið fræ (Jón Guðmundsson 2005) og var ein af þeim tegundum sem dreifðist hvað best í tilraun með fræslægju á náttúruverndarsvæði með heiðagróðri í Suður-Þýskalandi og krossmaðra einnig, þó í mun minna mæli (Kiehl & Pfandenhauer 2007). Báðar tegundirnar dreifðust með fræslægju á láglendi í suðurhluta Þýskalands (Patzelt o.fl. 2001).

Áhugavert væri að prófa þessa sáningaraðferð (dreifingu fræslægju) með fleiri háplöntutegundum. Líklegast til árangurs væri að prófa aðferðina í gróðurlendum sem geta gefið af sér töluverða slægju, eins og t.d. í valllendi, graslendi, ríku blómlendi og e.t.v. ríkum lyngmóa. Háplöntutegundirnar, sem ætlunin væri að prófa aðferðina á þurfa að vera tegundir sem mynda töluvert fræ og þær mega ekki vera of smávaxnar og vaxtarformið þannig að fræ og aðrir dreifingarhlutar standi nokkuð upp frá yfirborði, en val á tegundum og gjafasvæði fer eðlilega eftir því hvaða gróðurlendi verið er að reyna að endurheimta eða mynda. Söfnun og dreifing fræslægju er vel þekkt aðferð við endurheimt náttúrulegra gróðurlenda erlendis og hefur oft náðst mjög góður árangur með þessari aðferð (Simmons 1999, Patzelt o.fl. 2001, Holzel & Otte 2003, Kiehl & Pfandenhauer 2007, Kiehl o.fl. 2010). Unnið hefur verið að endurheimt með þessari aðferð á t.d. náttúruverndarsvæðum, við uppgræðslu vegkanta og við frágang eftir ýmsa mannvirkjagerð (Coffait o.fl. 2008, Rydgren o.fl. 2008).

Sáning vallhæru, blávinguls, ljónslappa og kornsúru með dreifingu fræslægju lofar góðu. Þrjár fyrstnefndu tegundir þykja áhugaverðar til að nota í landgræðslu en vaxandi áhugi er á notkun innlendra plöntutegunda í landgræðslustarfi. Innlendar plöntutegundir s.s. blómplöntur, grös og runnar þykja eiga fullt erindi í landgræðsluflóruna enda er oftast verið að stefna að slíkum gróðri í uppgræðslum um land allt (Magnús H. Jóhannsson og Ása L. Aradóttir 2004). Ennfremur er vel hugsanlegt að hægt væri að nýta niðurstöðurnar við endurheimt villts sjálfbærs gróðurs á svæðum þar sem mikil áhersla er á notkun innlendra tegunda við endurheimt gróðurhulu, s.s. á friðuðum svæðum og í þjóðgörðum landsins.

Árangur af dreifingu fræslægju var betri við að slá gjafasvæði og dreifa fræslægju 29. ágúst 2007 samanborið við söfnun og dreifingu slægju 16. ágúst 2007. Hugsanleg ástæða fyrir betri árangri með seinni sláttutíma, samanborin við þann fyrri, er að fræ háplantanna hafi náð meiri þroska. Seinkun á sláttutíma til 15. september ári síðar bætti ekki við nýjum plöntutegundum og nýliðun (fjöldi smáplantna) þeirra háplöntutegunda sem fundust 2007 og 2008 var ekki meiri með seinkun sláttutíma til 15. september (tafla 1 og 2 í viðauka 1) Lítið er til af skriflegum heimildum um fræþroska íslenskra háplantna annara en gras-, víði- og trjátegunda. Fræ íslensku háplantanna þroskast á tímabilinu ágúst til september og er fræþroskunartíminn mismunandi eftir aðstæðum, s.s. hæð yfir sjó o.fl. Þroskun fræs er einnig mjög breytileg eftir tíðarfari, s.s. vegna óhagstæðrar veðráttu þegar blómgun á sér stað og er oft talað um gott eða slæmt fræár í því samhengi.

Það getur einnig hafa haft áhrif á nýliðun í viðtökureitum fræslægju að plöntur höfðu vaxið lengur þegar seinni sláttur fór fram og því slægjan (heymassinn) orðin meiri. Slægjan, sem safnað er og dreift á viðtökureiti á raskaða svæðinu, hefur að öllum líkindum haft jákvæð áhrif á landnám plantna á þann veg að halda raka að spirandi fræjum, æxlikornum, mosabrotum og öðrum dreifingareiningum plantna og samræmist það niðurstöðum erlendra



Mynd 2.29. Heysina ennþá áberandi í reitum eftir dreifingu fræslægjunnar haustið áður. Heyið bætir að öllum líkindum aðstæður til fræspírunar og landnáms með því að draga úr þornun yfirborðs, veita fræjum og mosabrotum skjól og leggja til lífræn efni til niðurbrots. Mynd tekin 11.júní 2008.

rannsókna (t.d. Kiehl & Pfadenhauer 2007, Kiehl o.fl. 2010). Ennfremur myndar heylagið hlíf gegn vetrarveðrum og varnar því að fræin og mosabrotin fjúki burt af sléttu ógrónu jarðvegsyfirborðinu. Að auki leggur slægjan til lífrænt efni sem brotnar niður og veitir næringu (mynd 2.29). Líklegt er þó að heylagið megi ekki vera of þykkt því þá er hugsanlegt að kímplöntur eigi erfitt með að komast upp úr því. Þróun gróðurfars í aukareitum (mynd 2.30) sem lagðir voru út við aðaltilraunina við Kolviðarhól benda þó til þess að tvöfalt meira slægjumagn (stærð gjafasvæðis á móti stærð viðtökusvæðis: 2:1-3:1) gefi ekki síðri árangur en hlutfallið 1:1 eins og var notað í tilrauninni. Ennfremur má líklega bæta árangur af dreifingu fræslægju með því að bera á tilbúin áburð þar sem slægjunni er dreift. Lítið var orðið um sinu í viðtökureitum sumarið 2009 (mynd 2.4c) sem bendir til þess að heymassinn hafi mestmegnis brotnað niður sumarið 2008.

Mosabekja í reitum sem fengu slægju frá 29. ágúst 2007 var meiri en í reitum sem fengu slægju 16. ágúst 2007. Skýringin á þessum mun gæti legið í meiri heymassa úr seinni slætti, en líklegt er að mosabrotin hafi notið góðs af meiri raka, skjóli og næringu innan um og undir þunnu heylaginu líkt og háplönturnar. Einnig eru taldar meiri líkur á jákvæðu samspili milli plöntutegunda þar sem gróðurfarslegar aðstæður eru erfiðar (Cargill & Chapin 1987). Líklegt er að aukið landnám plantna, hvort sem það voru háplöntur eða mosar, bæti aðstæður fyrir nýjar plöntur sem eru að nema land á sléttu ógrónu yfirborðinu á raskaða svæðinu. Slík framvinda á sér þá stað meðan landið er að gróa upp, þar til kemur að aukinni samkeppni milli plantna um pláss, næringarefni og aðgang að ljósi.

Þessi aðferð, að slá og dreifa fræslægju, á ýmislegt sameiginlegt með dreifingu á venjulegu heyi, sem m.a. hefur verið notað í uppgræðsluverkefnum „Bændur græða landið“ á vegum Landgræðslu ríkisins. Í því verkefni eru m.a. notaðar heyrúllur og moð sem dreift hefur verið t.d. í rofabörð. Heydreifingin hefur gefist vel og gróðurþekja eykst í kjölfarið og er



Mynd 2.30. Aukareitur við Kolviðarhól, 5x5 m að stærð, þar sem hlutfall á milli stærðar gjafasvæðis á móti viðtökusvæðis var 2-3:1 og tilbúnum áburði var dreift með fræslægjunni. Mynd tekin 11. ágúst 2009, tveimur árum eftir að slægju var dreift yfir reitinn.

Það helst rakið til aukningar á lífrænu efni (Guðrún Schmidt 2000, Sigprúður Jónsdóttir og Guðríður Baldvinsdóttir 2000, Þorfinnur Þórarinsson 2003, Sigprúður Jónsdóttir 2006). Það er þó ekki vitað hvort og þá hvaða plöntutegundir dreifast með heyinu og hvernig gróðursamfélag myndast. Tún eru yfirleitt slegin á þeim tíma (júní/júlí) þegar fóðurgildi grasa er sem mest og áður en grös fara að skriða og mynda fræ. Að auki er hey þurrkað og öll meðhöndlun á heyinu er líkleg til að hrista fræ úr því. Algengast er að geyma heyið í heyrúllum eða heyböggum og pakka því inn í plast og dregur sú geymsla að öllum líkindum úr lífvænleika fræja og óvíst er hvort aðrar dreifieiningar plantna, s.s. ælikorn og mosabrot þoli geymsluna. Engu að síður eykur dreifing heys á ógróin svæði lífrænt efni og myndar skjól og næringu líkt og fræslægjan gerir. En ólíkt venjulegu heyi er fræslægjan ekki þurrkuð né meðhöndluð og dreifieiningum plantna er dreift strax eftir slátt, þannig að þeir hlutar sem þola ekki að þorna um lengri eða skemmri tíma skemmast ekki, s.s. ælikorn og mosabrot. Að auki er gróðurlendið sem fræslægju er safnað af, slegið þegar fræþroska þeirra tegunda sem ætlunin er að safna og sá með þessari aðferð, er náð þ.e. yfirleitt seint að sumri eða að hausti (ágúst/september).

Ýmsar aðrar uppgræðsluaðferðir auka landnám innlands gróðurs, sérstaklega þegar nokkur tími er liðinn frá aðgerðum. Sáning grastegunda og áburðargjöf eykur landnám plantna þegar til langs tíma er litið (Sigurður Greipsson og El-Mayas 1999, Járngerður Grétarsdóttir 2004, Járngerður Grétarsdóttir o.fl. 2004) og einnig eru dæmi um aukið landnám þegar til styttri tíma er litið (Áslaug Helgadóttir og Sigurður H. Magnússon 1992, Ása L. Aradóttir og Guðmundur Halldórsson 2004, Ása L. Aradóttir og Kristín Svavarsdóttir 2009). Söfnun

og dreifing fræslægju virðist koma landnámi staðartegunda snemma af stað, þ.e. nýliðun þeirra tegunda sem dreifa sér mikið með dreifieiningum, s.s. fræi, æxlikornum, blaðgrónum smáoxum og mosabrotum, og hægt er að safna með fræslægju. Í þeirri tilraun sem hér er greint frá þakti staðargróður að meðaltali yfir 70-85% af yfirborði reita sem fengu fræslægju eftir aðeins tvö ár í samanburði við tæplega 20% þekju í viðmiðunarreitum. Aðrar aðferðir við endurheimt staðargróðurs, s.s. flutningur á gróðurtorfum (sjá 3.kafla), myndu þó henta betur með þær tegundir sem fjölga sér mest með klónvexti og mynda lítið fræ.

Raskaða svæðið við Kolviðarhól, þar sem megintilraunin fór fram, var að gróa nokkuð hratt upp af sjálfu sér vegna þess hve stutt var í jaðar staðargróðursins (gjafasvæðisins), sem var einungis í um 5-20 m fjarlægð. Tilraunin með fræslægju sýndi engu að síður stórukið landnám háplantna og mosa í reitum þar sem fræslægju var dreift. Það sýnir að hægt er að flýta mjög landnámi staðargróðurs með flutningi á mun meira magni af dreifingareiningum plantna en gerist af sjálfu sér, og með því að skapa aðstæður (heymassinn) sem bæta aðstæður við nýliðun.

Landnám úr umhverfinu gerir niðurstöður tilraunarinnar nokkuð óskýrari (truflandi þættir, e. confounding effect). Náttúrulegt landnám er meira eftir því sem umfang raskaða svæðisins er minna og styttra er í fræuppsprettu umhverfisins (Gurevitch, Scheiner & Fox 2006). Búast má því við mun skýrari áhrifum af dreifingu fræslægju eftir því sem lengra er í náttúrulegar fræuppsprettur. Einnig var breytileiki í gróðurfari milli gjafareita við Kolviðarhól og sunnan Skarðsmýrarfjalls töluverður og kom fram í tegundasamsetningu (mynd 2.19 og mynd 2.22) og í mismiklu landnámi smáplantna í viðtökureitum (tafla 1-4 í viðauka 1). Breytileikinn í gróðurfarinu stafaði af því að útbreiðslumynstur plöntutegunda var mjög mismunandi innan gróðursamfélagsins.

Endurvöxtur staðargróðurs í gjafareitum

Þróun gróðurfars í gjafareitum sýndi að staðargróðurinn var nokkuð fljótur að jafna sig eftir slátt (myndir 2.17-2.24). Háplöntur uxu aftur upp af rót (mynd 2.31) og mosar uxu út frá gömlum greinum (mynd 2.32). Gróður var fljótari að jafna sig í mosaríka graslendinu við Kolviðarhól en rýra lyngmóanum sunnan Skarðsmýrarfjalls. Í graslendinu við Kolviðarhól var komin nánast sama háplöntuþekja í reitum tveim árum eftir slátt (um 70%) og var fyrir slátt (um 80%) (mynd 2.17a). Það sýnir að áhrif af slættinum á háplöntuþekju voru skammvinn og gróðursamsetningin var svipuð sem óx aftur upp eftir sláttinn (mynd 2.19)

Mosinn var miklu viðkvæmari fyrir slætti og óx mun hægar aftur en háplönturnar. Mosþekja í gjafareitum við Kolviðarhól sumarið 2007 var um 70% fyrir slátt og fór niður í 10% fyrsta sumarið eftir slátt en endurvöxtur jók mosþekju í um 30% sumarið eftir (mynd 2.17b). Því verður að gæta þess, ef þessari aðferð er beitt við uppgræðslu, að slá gjafasvæði ekki of neðarlega til að hlífa mosanum í gróðursverðinum. Mælingar bentu til að mosinn hafi sloppið betur sunnan Skarðsmýrarfjalls (mynd 2.21b) en þar var gróðurinn allur mun rýrari og ekki slegið eins neðarlega. Hlutfall skemmds mosa jókst í samræmi við minnkaða mosþekju en hluti af mosagreininum tóku við sér aftur og mynduðu nýja sprota (mynd 2.32). Nokkrar fléttutegundir fundust í gjafareitum við Kolviðarhól og sunnan Skarðsmýrarfjalls en hlutdeild fléttna í gróðrinum var almennt lítil (tafla 2.1 og 2.2). Þekja



Mynd 2.31. Nærmynd af endurvexti í gjafareit sunnan Skarðsmýrarfjalls. Á myndinni má greina hvar bláberjalyngsgreinin var slegin tveimur árum áður. Mynd tekin 24.ágúst 2009.

fléttna minnkaði við sláttinn og virtist slátturinn hafa skaðað þær. Vitað er að fléttur vaxa mjög hægt og er vaxtarhraði þeirra aðeins um 0,1 til 10 millimetrar á ári (Raven o.fl. 1986). Sumar fléttanna slupu reyndar við sláttinn þar sem þær uxu mjög neðarlega í sverðinum.

Flest bendir til þess að gjafareitir verði nokkuð fljótir að jafna sig (myndir 2.17-2.24). Grös, starir og tvíkímblaða jurtir sem vaxa á svæðinu, hafa flestar vaxtarsprotana ofan í gróðursverðinum (svarðplöntur e. Hemicryptophytes og jarðplöntur e. Geophytes) og því fjarlægir slátturinn árvöxtinn eins og gerist þegar tún eru slegin. Smárunnarnir (s.s. krækilyng, bláberjalyng) hafa brumin á vetrarstæðum ofanjarðarsprotum og getur því slátturinn fjarlægt margra ára vöxt. Smárunnarnir uxu þó ágætlega upp aftur eftir slátt á Hellisheiði og samræmist það athugunum á endurvexti plantna eftir grunnan gróðurbruna héraðs en slíkur brunni fjarlægir einmitt ofanjarðarhluta plantna (Járngerður Grétarsdóttir 2008).



Mynd 2.32. Endurvöxtur mosasprotu úr gjafareit við Kolviðarhól, 19.ágúst 2009.

Samantekt

Niðurstöður sýna að að dreifing fræslægju á raskað og ógróið land eykur landnám staðargróðurs, bæði háplantna og mosa og hraðar gróðurframvindu í átt að staðargróðrinum. Árangur af dreifingu fræslægju á raskað land var betri þegar slægju var safnað og dreift 29. ágúst 2007 samanborið við 16. ágúst 2007 og árangur af dreifingu slægju var mun betri úr mosaríku graslendi en rýrum lyngmóa. Með slægjunni bárust fræ ýmissa háplantna, æxlikorn, blaðgróin smáöx, greinabútar og mosabrot sem náðu að taka við sér í og undir slægjunni. Fræslægjan veitir raka, hlíf og næringu og var mest nýliðun sumarið eftir dreifingu slægjunnar. Flest bendir til að gjafasvæði geti verið fljót að jafna sig með endurvexti, en gæta verður þess að slá gróður ekki of neðarlega til að hlífa smárunnum, mosum og fléttum.

Þakkir

Tilraunin er hluti af verkefninu *Endurheimt staðargróðurs á röskuðum hálendissvæðum*, sem styrkt var af Umhverfis- og orkurannsóknarsjóði Orkuveitu Reykjavíkur 2007-2009. Herdís Friðriksdóttir og starfsmenn Orkuveitu Reykjavíkur fá þakkir fyrir aðstoð við uppsetningu tilraunarinnar og afnot af verkfærum. Gróa Valgerður Ingimundardóttir fær þakkir fyrir að greina mosasýni. Eva G. Þorvaldsdóttir og Magnús H. Jóhannsson fá þakkir fyrir upplýsingar um fræþroska íslenskra háplantna og Margrét Á. Jónsdóttir fyrir uppsetningu á texta og myndum. Ásu L. Aradóttir og Jóni Guðmundssyni er þakkað fyrir umræður um verkefnið og Bjarna Guðmundssyni fyrir vangaveltur um nafngiftir.

Heimildir

Áslaug Helgadóttir og Sigurður H. Magnússon 1992. Uppgræðsla vegkanta. Stofnaprófanir og rannsóknir á gróðurframvindu. Lokaskýrsla 1992. Fjölrit Rala nr. 158, 98 bls.

Ása L. Aradóttir og Guðmundur Halldórsson 2004. Uppbygging vistkerfa á röskuðum svæðum. Fræðaðing landbúnaðarins 2004: 86-93.

Ása L. Aradóttir og Kristín Svavarsdóttir 2009. Áhrif uppgræðsluáðgerða á gróðurframvindu. Fræðaðing landbúnaðarins 2009: 279-285.

Eygló Gísladóttir 1996. Mosaframvinda í vegaraski í hrauni. Ritgerð, 5 eininga rannsóknarverkefnis. Háskóli Íslands. Reykjavík.

Cargill, S.M. & F.S. Chapin III 1987. Application of successional theory to tundra restoration: a review. Arctic and Alpine Research, 19: 366-372.

Coiffait, C., E. Buisson & T. Dutoit 2008. Steppe restoration by hay transfer. Towards a sustainable future for European ecosystems – Providing restoration guidelines for Natura 2000 habitats and species. 6th European Conference on Ecological Restoration. Ghent, Belgium. Útgáfa á geisladiski.

Guðmundur Guðjónsson, Kristbjörn Egilsson og Kristinn Haukur Skarphéðinsson 2005. Gróður og fuglar á Hengilsvæði og Hellisheiði. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. NÍ-05008. 49 bls.

Guðrún Schmidt 2000. Bændur græða landið – viðhorf bænda. Ráðunautafundur 2000: 93-98.

- Gurevitch, J., S.M. Scheiner & G.A. Fox 2006. The Ecology of Plants. Second Edition. Sinauer Associates, Inc., Sunderland.
- Grime, J.P., J.G. Hodgson & R. Hunt 2007. Comparative Plant Ecology. Castlepoint Press.
- Harmer, R. & J.A. Lee 1978. The germination and viability of *Festuca vivipara* (L.) SM. *Plantlets*. *New Phytologist*, 81: 745-751.
- Holzel, N. & N. Otte 2003. Restoration of a species-rich flood meadow by topsoil removal and diaspore transfer with plant material. *Applied Vegetation Science*, 6: 131-140.
- Hörður Kristinsson 2008. Íslenskt plöntutal, blómplöntur og byrkningar. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 51, 58 bls.
- Hörður Kristinsson 2010. Flóra Íslands. Skoðað 29.júní 2010 á <http://www.floraisland.is>.
- Járngerður Grétarsdóttir 2004. Hvernig þróast gróðurfar í gömlum uppgræðslum? *Fræðaving landbúnaðarins* 2004: 314-317.
- Járngerður Grétarsdóttir, Ása L. Aradóttir, V. Vandvik, E. Heegaard & H.J.B. Birks 2004. Long-term effects of reclamation treatments on plant succession in Iceland. *Restoration Ecology*, 11: 268-278.
- Járngerður Grétarsdóttir 2008. Endurnýjun plantna eftir sinubrunann á Mýrum. *Fræðaving landbúnaðarins* 2008: 439-443.
- Jón Guðmundsson 2005. Uppgræðsla vegfláa með innlendum úthagategundum. *Rit Lbhí nr. 2*, 24bls.
- Kiehl, K. & J. Pfadenhauer 2007. Establishment and persistence of target species in newly created calcareous grasslands on former arable fields. *Plant Ecology*, 189: 31-48.
- Kiehl, K., A. Kirmer, T.W. Donath, L. Rasran & N. Hölzel 2010. Species introduction in restoration projects - Evaluation of different techniques for the establishment of semi-natural grasslands in Central and Northwestern Europe. *Basic and Applied Ecology*, 11: 285-299.
- Lilja Karlsdóttir 2004. Blómgun, fræframleiðsla og fjölgun holtasóleyjar og ljónslappa. Ritgerð til meistaraþrófs. Líffræðiskor Háskóla Íslands, Reykjavík.
- Lilja Karlsdóttir og Ása L. Aradóttir 2006. Propagation of *Dryas octopetala* L. and *Alchemilla alpina* L. by direct seeding and planting of stem cuttings. *Icelandic Agricultural Sciences*, 19: 25-32.
- Magnea Magnúsdóttir 2010. Leiðir til að fjölga mosum, einkum hraungambra (*Racomitrium lanuginosum*). B.S. ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Umhverfiseild, 29bls.
- Magnús H. Jóhannsson og Ása L. Aradóttir 2004. Innlendar tegundir til landgræðslu og landbóta. *Fræðaving landbúnaðarins* 2004: 103-107.
- Patzelt, A., U. Wild & J. Pfadenhauer 2001. Restoration of wet fen meadows by topsoil removal: Vegetation development and germination biology of fen species. *Restoration Ecology*, 9: 127-136.
- Pyatt, F.B. 1973. Lichen propagules. Bls. 117-145. Í: The lichens. Ritstjórar Ahmadjian, V. og M.E. Hale. Academic Press, New York.
- Rannveig Thoroddsen 2002. Flóra og gróður á völdum stöðum á Helligheiði og Hengilssvæði. Líffræðistofnun Háskólans. Fjölrit nr. 62, 20 bls.
- Raven, P.H., R.F. Evert & S.E. Eichhorn 1986. Biology of Plants. Fourth edition. Worth Publishers, Inc. New York.
- Rydgren, K., J. Nordbakken, I. Austad, I. Auestad & E. Heegaard 2008. Recreation of semi-natural grasslands: assessing hay transfer and seed-sowing methods. Towards a sustainable future for

European ecosystems – Providing restoration guidelines for Natura 2000 habitats and species. 6th European Conference on Ecological Restoration. Ghent, Belgium. Útgáfa á geisladiski.

Sigurður Greipsson og H. El-Mayas 1999. Large-scale reclamation of barren lands in Iceland by aerial seeding. *Land Degradation and Development*, 10: 185-193.

Sigþrúður Jónsdóttir 2006. Bændur græða landið - Fréttabréf. Landgræðsla ríkisins.

Sigþrúður Jónsdóttir og Guðríður Baldvinsdóttir 2000. Uppgræðslustörf bænda. Ráðunautafundur 2000: 89-92.

Simmons, E. 1999. Restoration of landfill sites for ecological diversity. *Waste Management & Research*, 17:511-519.

ter Braak, C.J.F. 1995. Ordination. Bls. 91-173. Í: *Data analysis in community and landscape ecology*. Ritstjórar: Jongman, R.H.G., C.J.F. ter Braak & O.F.R. van Tongeren. Cambridge University Press.

ter Braak, C.J.F. & P. Šmilauer. 2002. *CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power (Ithaca, NY, USA), 500 bls.

Vanderpoorten, A. & B. Goffinet 2009. *Introduction to Bryophytes*. Cambridge University Press.

Þorfinnur Þórarinsson 2003. Biskupstungnaafréttur – Eignarhald, nýting, uppgræðsla. Ráðunautafundur 2003: 74-76.

3.

k a f l i

Flutningur á gróðurtorfum – hversu litlar mega þær vera?

Ása L. Aradóttir

Inngangur

Um allan heim er vaxandi áhersla á að endurheimta fljótt staðargróður á svæðum sem raskað er vegna framkvæmda, þannig að gróðurfur þeirra falli sem best að umhverfinu. Á hálendissvæðum og arktískum svæðum getur endurheimt staðargróðurs verið takmörkunum háð, meðal annars vegna skamms vaxtartíma og veðurfarsþátta er takmarka fræframleiðslu og landnám plantna (sjá t.d. Chambers 1997 og Forbes o.fl. 2001). Flutningur á gróðurtorfum af grannsvæðum er ein þeirra leiða sem hægt er að fara til að endurheimta fjölbreyttan náttúrulegan gróður (t.d. Conlin & Ebersole 2001, Bay & Ebersole 2006, Krautzer & Wittmann 2006) og jarðvegsdýr (Butt o.fl. 2003) á röskuðum svæðum.

Markmið með flutningi gróðurtorfa er oftast annað hvort að viðhalda gróðurlendi sem annars yrði eytt við framkvæmdir (Bullock 1998) eða stuðla að landnámi fjölbreyttra plöntu- og dýrategunda á röskuðum svæðum (Butt o.fl. 2003, Kidd o.fl. 2006). Þegar verndun er meginmarkmiðið er reynt að flytja sem stærstar torfur og leggja þær á viðtökusvæði í hlutfallinu 1:1 (sjá t.d. Pywell o.fl. 1995, Good o.fl. 1999, Trueman o.fl. 2007). Á þann hátt má koma til gróðurlendum sem hafa megineinkenni upphaflegu gróðurlendanna, þó oftast verði einhverjar gróðurfarsbreytingar í kjölfar flutninganna (t.d. Bullock 1998, Good o.fl. 1999, Bruelheide 2003, Trueman o.fl. 2007, Kiehl o.fl. 2010). Einkum er hætta á að tapa sjaldgæfum tegundum (Bullock 1998). Gildi slíkra torfuflutninga fyrir vernd gróðurlenda sem annars yrði eytt hefur því verið dregið í efa (Fahsel 2007) og ef til vill raunhæfara að tala um mótvægisáðgerðir til að koma á legg mikilvægum tegundum plantna og jarðvegsfánu á röskuðum svæðum (Bullock 1998).

Þegar markmið torfuflutninganna er að stuðla að landnámi plöntu- og dýrategunda á röskuðum svæðum má dreifa torfunum yfir stærra flatarmál en þær eru teknar af. Hér á landi hefur verið prófað að flytja 15x10 cm stórar og 15 cm þykkar torfur og gróðursetja í hlutföllum 1:150 með góðum árangri (Jón Guðmundsson 2007). Kidd o.fl. (2006)

gróðursettu 15x15 cm stórar og 30 cm þykkar torfur frá votlendi í Alaska, eina torfu á m² sem svarar til hlutfallsins 1:44. Í því tilviki stækkuðu torfurnar hratt og höfðu runnið saman eftir 13 ár. Good o.fl. (1999) báru árangur af því að flytja heilar torfur, saman við þá aðferð að brjóta torfurnar upp og dreifa yfir tvöfalt stærra svæði en þær voru teknar af; ekki var marktækur munur var á þessum meðferðum eftir fjögur ár. Þessar rannsóknir sýna að hægt er að nýta torfur betur með því að skipta þeim upp heldur en að gróðursetja í hlutfallinu 1:1. Litlar heimildir eru þó til um rannsóknir á mögulegri lágmarksstærð á gróðurtorfum til flutnings og áhrifum torfustærðar á gróðurfar viðtökusvæðanna.

Margar grastegundir virðast þola torfluflutning vel og eru dæmi um að þekja þeirra aukist við flutninginn (sjá t.d. Buckner & Marr 1988, Bay & Ebersole 2006, Trueman o.fl. 2007). Hálfgrös (starir, sef og hærur) og tvíkímblaða jurtir þola flutning misvel (sjá t.d. May o.fl. 1982, Cole & Spildie 2006) og hefur það m.a. verið skýrt með mismun á rótarkerfi milli tegunda og að hve miklu leiti rótarkerfið og rengrur skerðast við flutninginn (May o.fl. 1982). Í tilraunum með flutning á torfum af einstökum tegundum í fjallaskógum Oregon var bestur árangur af flutningi grasa og hálfgrasa, þar á eftir komu trjátegundir og tvíkímblaða jurtir (forbs) en minnstur árangur var af flutningi smárunna (Cole & Spildie 2006). Gera má ráð fyrir að mismunandi þol tegunda fyrir flutningi og mismunandi geta til nýliðunar og vaxtar út frá torfunum hafi áhrif á gróðurfar viðtökusvæða þegar fram í sækir.

Markmið rannsóknarinnar sem fjallað er um í þessum kafla var að þróa aðferðir til að nýta gróðursvörð við endurheimt staðargróðurs á röskuðum svæðum. Leitað var svara við eftirfarandi rannsóknarspurningum:

- Hver er lágmarksstærð á torfum við endurheimt (a) lyngmóa og (b) graslendis, þannig að sem flestar tegundir komist á legg?
- Er lágmarksstærð á torfum breytileg fyrir mismunandi vaxtarform eða plöntutegundir?
- Er nauðsynlegt að hafa gróðurtorfurnar í heilu lagi eða fæst jafngóður árangur með því að tæta þær í sundur og dreifa yfir móttökusvæðið?
- Dreifist gróðurinn út frá torfunum með landnámi af fræi eða öðrum fjölgunareiningum eða með vexti tegunda sem eru í torfunum?

Efni og aðferðir

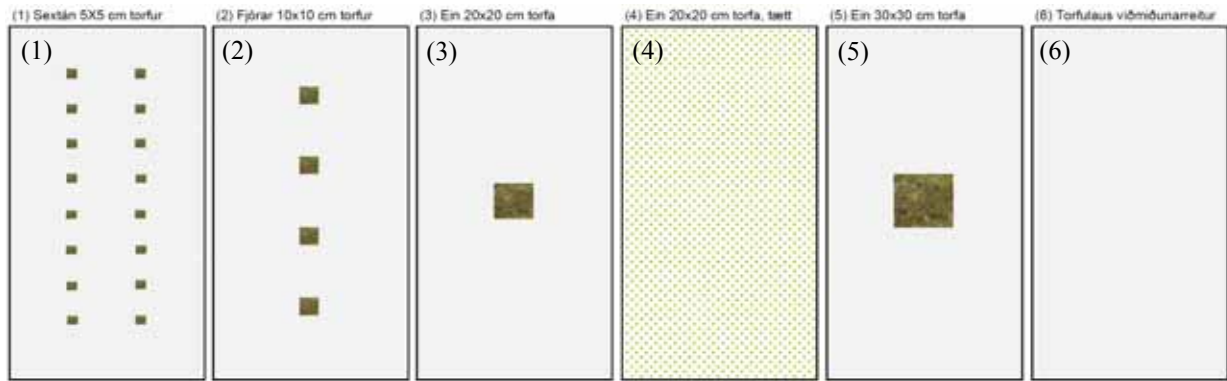
Sumarið 2007 voru lagðar út fjórar tilraunir á Hellisheiði þar sem gróðurtorfur úr graslendi og lyngmóa voru fluttar á flög eða vegfláa (tafla 3.1). Í hverri tilraun voru 48 tilraunareitir, 1x2 m, þar sem eftirfarandi meðferðir voru endurteknar átta sinnum: (1) sextán 5x5 cm torfur gróðursettar með jöfnu millibili; (2) fjórar 10x10 cm torfur; (3) ein 20x20 cm torfa í miðju reitsins; (4) ein 20x20 cm torfa tætt í sundur og dreift jafnt yfir reitinn; (5) ein 30x30 cm torfa í miðju reitsins; (6) torfulaus viðmiðunarreitir (myndir 3.1 og 3.2). Torfurnar í meðferðum 1-4 höfðu sama heildarflatarmál, 400 cm², sem svarar til 1:50 gróðursetningarhlutfalls. Flatarmál torfunnar í meðferð 5 var 900 cm², sem svarar til hlutfallsins 1:22. Gróðurtorfurnar voru teknar úr mosaríku graslendi við Kolviðarhól (tilraunir GF og GV) og úr mosaríku lyngmóa sunnan Skarðsmýrarfjalls (tilraunir LF og LV; tafla 3.1, mynd 3.3).

Tafla 3.1. Staðsetning og helstu einkenni gjafasvæða og tilraunasvæða á Hellisheiði. LF: lyngmóatorfur í flagi, GF: graslendistorfur í flagi, LV: lyngmóatorfur í vegfláa, GV: graslendistorfur í vegfláa.

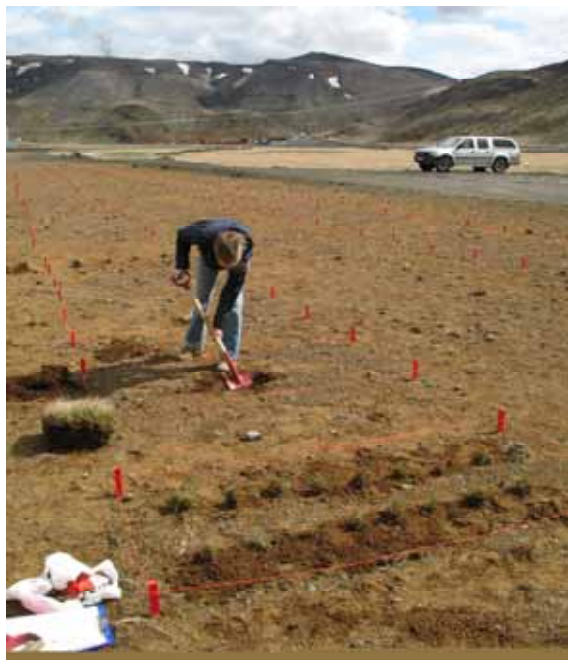
Gjafasvæði		
	Lyngmói (L)	Graslendi (G)
Staðsetning	Sunnan Skarðsmýrarfjalls (Milli hrauns og hlíða) N64°02'26", V21°20'28" 400 m h.y.s.	Við Kolviðarhól N64°02'25".3 V21°23'52" 260 m h.y.s.
Þekja helstu tegundahópa, júní 2007	Grös 7% Starir, sef og hærur 2% Tvikímblaða blómjurtir 1% Sigrænir smárunnar 27% Sumargrænir smárunnar 10% Mosar 67% Fléttur 11%	Grös 47% Starir, sef og hærur 7% Mosar 79% Fléttur 3%
Fjöldi háplöntutegunda í mæltreitum	13	8
Tilraunasvæði		
	LF	GF
Flag (F)	Sunnan Skarðsmýrarfjalls (Milli hrauns og hlíða); N64°02'25", V21°20'32" 400 m h.y.s.	Við Kolviðarhól; N64°02'24".3 W21°23'52" 260 m h.y.s.
Vegflái (V)	LV Utan í Skarðsmýrarfjalli; N64°02'15", V21°21'43" 410 m h.y.s.	GV Sleggjubeinaskarð N64°02'42" V21°22'46" 275 m h.y.s.

Jarðvegurinn í torfunum var í öllum tilvikum 10 cm þykkur. Voru torfurnar gróðursettar í 10 cm djúpar holur þannig að svarðlagið næmi við yfirborð.

Torfurnar voru gróðursettar í tilraunirnar með graslendistorfunum (GF og GV) á tímabilinu 30. maí til 4. júní 2007, í vegfláatilraunina með lyngmóatorfunum (LV) utan í Skarðsmýrarfjalli dagana 13.-15. júní en vegna þurrka og tafa við frágang tilraunasvæðisins í flagi sunnan Skarðsmýrarfjalls (LF) dróst að gróðursetja lyngmóatorfur í þá tilraun fram til 2.-4. júlí (mynd 3.4). Ári síðar, í júlí 2008, var dreift áburði (20 g m⁻² af 20%N, 10%P₂O₅ og 10 K₂O) á alla tilraunareitina til að auka stöðugleika yfirborðsins og bæta vaxtarskilyrði gróðurs.



Mynd 3.1. Tilraunameðferðir sem prófaðar voru í öllum tilraununum: (1) sextán 5x5 cm torfur; (2) fjórar 10x10 cm torfur; (3) ein 20x20 cm torfa í miðju reitsins; (4) ein 20x20 cm torfa tætt í sundur og dreift jafnt yfir reitinn; (5) ein 30x30 cm torfa í miðju reitsins; (6) torfulaus viðmiðunarreit. Torfuhlutfall í meðferðum 1-4 var 1:50 en 1:22 í meðferð 5.



Mynd 3.2. Gróðursetning 30x30 cm gróðurtorfu í GF tilrauninni við Kolviðarhól. Nær á myndinni er reitur með sextán 5x5 cm torfum. Myndin er tekin 30. maí 2007.

Gróðurþekja og tegundasamsetning gjafasvæðanna var metin og skráð í átta römmum—0,5x0,5 m—á hvoru torfutökusvæði áður en torfurnar voru teknar vorið 2007. Gjafasvæðið við Kolviðarhól var þekjumælt 24. maí en svæðið sunnan Skarðsmýrarfjalls 5. júní 2007.

Tegundasamsetning hvernar gróðurtorfu var skráð tvisvar á sumri frá 2007 til 2009 og gróðurþekja metin hvert haust. Þekjan var metin í tveimur 1 m² ferningslaga römmum í hverjum tilraunareit, sem lagðir voru yfir sitt hvorn helming reitsins. Sömu aðferðir voru notaðar við allt þekjumat. Fyrst var heildarþekja háplantna, mosa, fléttna og lífrænnar jarðvegsskánar metin á skalanum 0-100% en síðan var þekja einstakra háplöntutegunda metin samkvæmt eftirfarandi kvarða, 1: <1%; 2: 1-5%, 3: 6-10%; 4: 11-15%; 5: 16-25%; 6: 26-50%; 7: 51-75% og 8: 76-100%. Haustið 2009 var þekja valinna mosa- og fléttutegunda einnig metin með sama kvarða.



Mynd 3.3. Torfutaka í lyngmóa sunnan Skarðsmýrarfjalls, 3. júlí 2007.



Mynd 3.4. Gróðursetning á lyngmóatorfum í flagtilraun (LF) sunnan Skarðsmýrarfjalls, 3. júlí 2007.

Landnám plantna út frá torfunum var kannað á tveimur 5 cm breiðum sniðum í hverjum reit: 2 m löngu sniði sem lagt var langsum yfir reitinn og 1 m sniði sem lagt var þvert yfir hann. Í reitum með einni torfu voru sniðin lögð yfir miðju torfanna; í reitum með fjórum torfum var lengra sniðið lagt eftir miðju torfanna en valið tilviljanakennt hvaða torfu styttra sniðið fór yfir. Í reitum með sextán torfum var valið tilviljanakennt yfir hvora torfuröðina lengra sniðið fór og hvaða torfur styttra sniðið fór yfir. Í tættum reitum og viðmiðunareitum var staðsetning beggja sniðanna ákvörðuð með tilviljanatölum. Báðir endar hvors sniðs voru merktir með 18 cm nöglum, til að tryggja endurmælingu á sama stað. Sniðin voru mæld í ágúst 2007, 2008 og 2009. Skráð var staðsetning einstakra fræplantna, tegund, stærðarflokkur (k: kímplöntur, 1: plöntur ≤ 5 cm í þvermál, 2: plöntur > 5 cm í þvermál) og undirlagi þeirra (mold, sandur og mól, við steina, mosi, skán, háplöntur, sina eða annað). Árin 2007 og 2009 voru einnig skráðir sprotar einstakra plantna sem vaxið höfðu út frá torfunum og hvaða tegund var um að ræða. Þá voru jaðrar torfanna skráðir og þær upplýsingar notaðar til að reikna út þvermál þeirra. Heildarflatarmál gróðurtorfanna í hverjum tilraunareit var síðan reiknað út frá þvermálinu, miðað við að torfurnar væru ferhyrningar. Sniðmælingar voru ekki gerðar á flagtilrauninni með lyngmóatorfunum (LF) sunnan Skarðsmýrarfjalls í ágúst 2007 vegna þess hve skammt var þá liðið frá uppsetningu hennar.

Fyrir mistök dreifði verktaki, sem vann að uppgræðslu vegfláa á Hellisheiði, lífrænum áburði (kjötmjöl og hrossatað) og grasfræi (rauðvingli, *Festuca rubra* subsp. *rubra* og vallarsveifgrasi, *Poa pratensis*) yfir tilraunasvæðið utan í Skarðsmýrarfjalli (LV) sumarið 2008 (Herdís Friðriksdóttir, munnlegar upplýsingar). Því var ekki hægt að gera áreiðanlegar þekjumælingar þar haustið 2008 og sniðmælingum var sleppt bæði 2008 og 2009. Einnig voru vísbendingar um að áburður hafi borist yfir tilraunasvæðið við Kolviðarhól er unnið var að uppgræðslu í nágrenni þess sumarið 2008. Þrátt fyrir að þetta rask hefði fyrirsjáanlega áhrif á niðurstöður LV og GF tilraunanna var ákveðið að halda áfram mælingum á þeim, enda gætu þær gefið áhugaverðar upplýsingar um áhrif uppgræðslu á árangur af torfuflutningi.

Fervikagreining fyrir endurtekna mælingar (e. repeated measures) var notuð til að kanna áhrif tíma og meðferða innan hvers svæðis á heildarþekju gróðurs, samanlagða þekju allra

tegunda háplantna, mosa, fléttna og mismunandi hópa háplantna, svo og fjölda háplöntutegunda í torfum í hverjum reit. Þá var gerð fervikagreining innan hvers árs á sömu breytum og á þéttleika fræplantna og sprota þar sem það var mögulegt. Einstök meðaltöl voru borin saman með Tukey's HSD ($\alpha=0,05$). SAS (útgáfa 9.1) var notað við tölfræðigreiningarnar.

Niðurstöður

Tegundasamsetning gjafasvæða

Gjafasvæðin voru þekjumæld snemma vors og því er mögulegt að einhverjar tegundir sem voru í gróðurtorfunum hafi ekki komið þar fram. Einnig er líklegt að þekja einstakra tegunda hafi aukist þegar líða tók á sumarið.

Gróðursvörður beggja gjafasvæðanna var afar mosaríkur (tafla 3.1). Við þekjumælingar í graslendinu við Kolviðarhól vorið 2007 voru aðeins sjö tegundir háplantna skráðar í þeim tíu römmum sem voru mældir, en ein tegund til viðbótar kom í ljós við greiningar á torfunum skömmu síðar. Grös og starir voru ríkjandi meðal háplantna með samtals 54% þekju og voru túnvingull (*Festuca rubra* subsp. *richardsonii*¹) og blávingull (*F. vivipara*) langalgengastir með um 45% þekju samanlagt; en stinnastör (*Carex bigelowii*) var með um 7% þekju. Heildarþekja mosa var tæp 80% og var einkum um að ræða tildurmosa (*Hylocomium splendens*²), melagambra (*Racomitrium ericoides*), engjaskraut (*Rhytidiadelphus squarrosus*), móasigð (*Sanionia uncinata*) og hraungambra (*R. lanuginosum*).

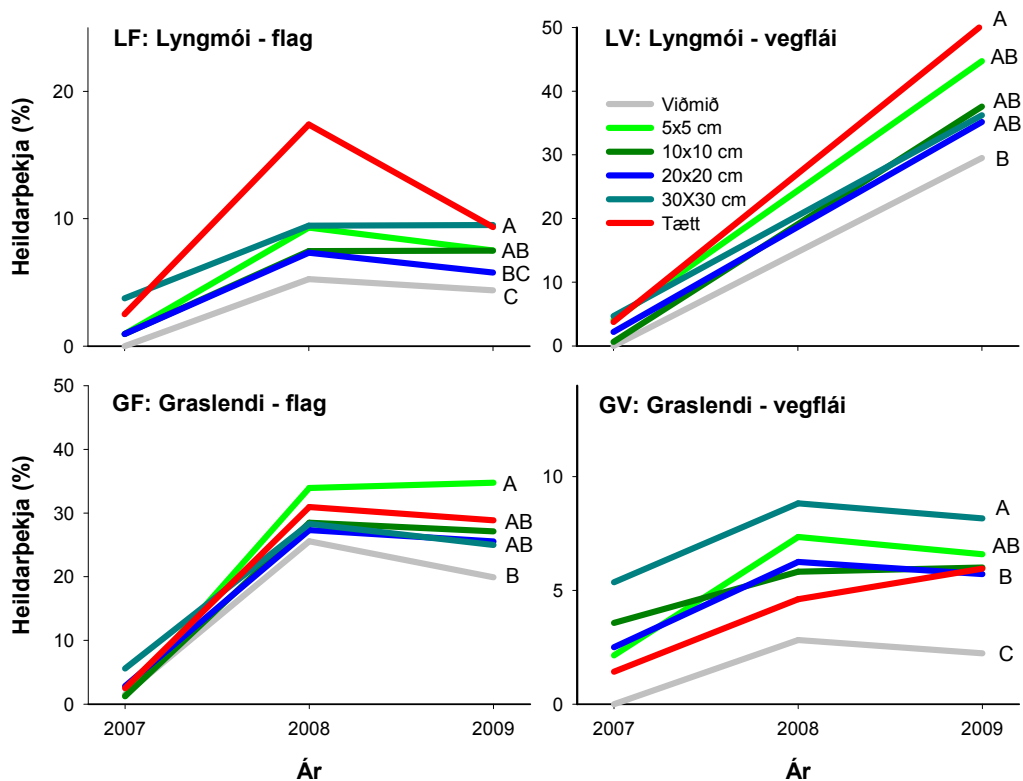
Í lyngmóanum sunnan Skarðsmýrarfjalls var þekja smárunna nærri 40%, mest krækilyng (*Empetrum nigrum*), grös og starir höfðu innan við 10% þekju og blómjurtir höfðu að meðaltali rúmlega 1% þekju (tafla 3.1). Alls fundust þrettán háplöntutegundir í tíu mælirömmum við upphafsmælingar á gjafasvæðinu vorið 2007. Heildarþekja mosa var 67% og voru melagambri (*Racomitrium ericoides*) og hraungambri (*R. lanuginosum*) ríkjandi mosategundir. Fléttur höfðu yfir 10% þekju og var einkum um hreindýrakróka (*Cladonia arbuscula*) að ræða.

Niðurstöður þekjumælinga og skráninga á tegundum í torfunum

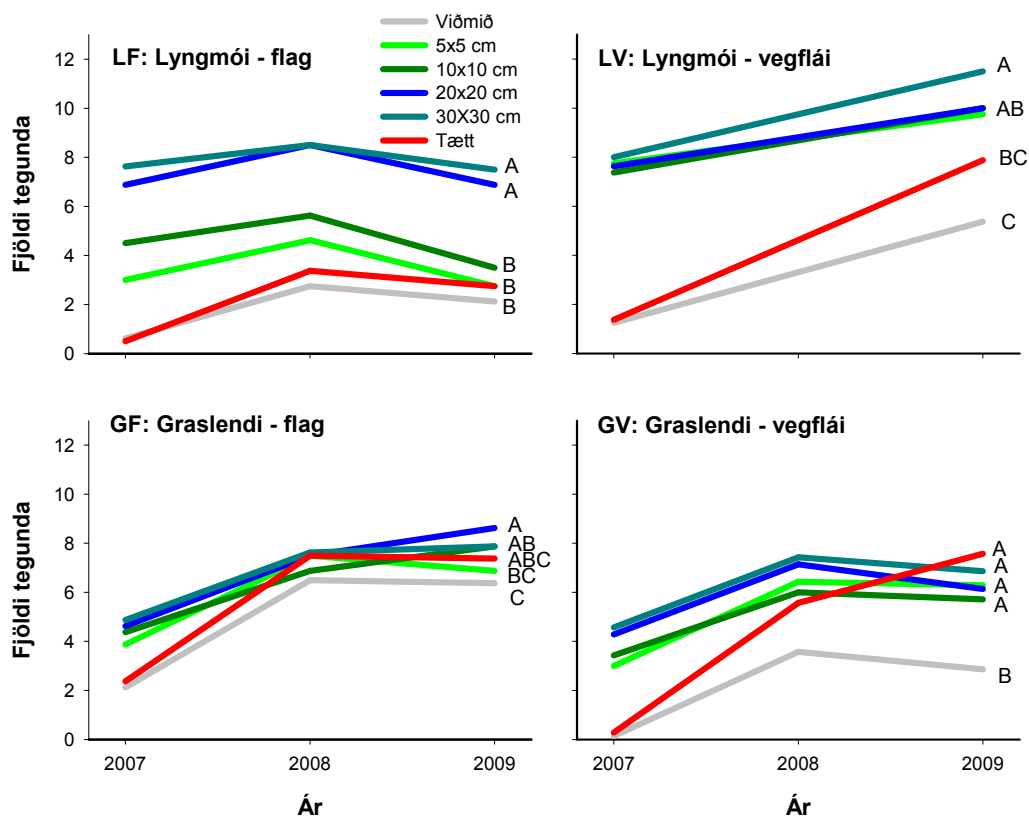
Flatarmál torfanna svaraði til 2% þekju í reitum með 5x5 cm, 10x10 cm og 20x20 cm torfum en 4,5% þekju í reitum með 30x30 cm torfum. Haustið 2007 endurspeglaði heildarþekja gróðurs í tilraunareitunum að nokkru stærð gróðurorfanna og var mest í reitum með 30x30 cm torfunum (mynd 3.5). Heildarþekja torfulausra viðmiðunarreita var minni en annarra meðferða öll árin. Heildarþekja jókst marktækt í öllum meðferðarreitum frá 2007 til 2009 (tafla 3.2), yfirleitt mest í reitum með 5x5 cm og tættum torfum þó samspilið á milli meðferðar og tíma væri aðeins marktækt í flagtílauninni með lyngmóatorfunum (LF) og nærri marktækt í flagtílauninni með graslendistorfunum (GF).

¹Tegundanöfn háplantna eru samkvæmt Herði Kristinssyni (2008).

²Tegundanöfn mosa eru samkvæmt Bergþóri Jóhannssyni (2003).



Mynd 3.5. Breytingar á heildarþekju gróðurs í tilraunareitunum 2007-2009. Ekki var marktækur munur haustið 2009 á þeim meðferðum innan hversrar tilraunar sem merktar eru með sama bókstaf. Athugið að kvarði á y-ás er breytilegur eftir tilraunum.

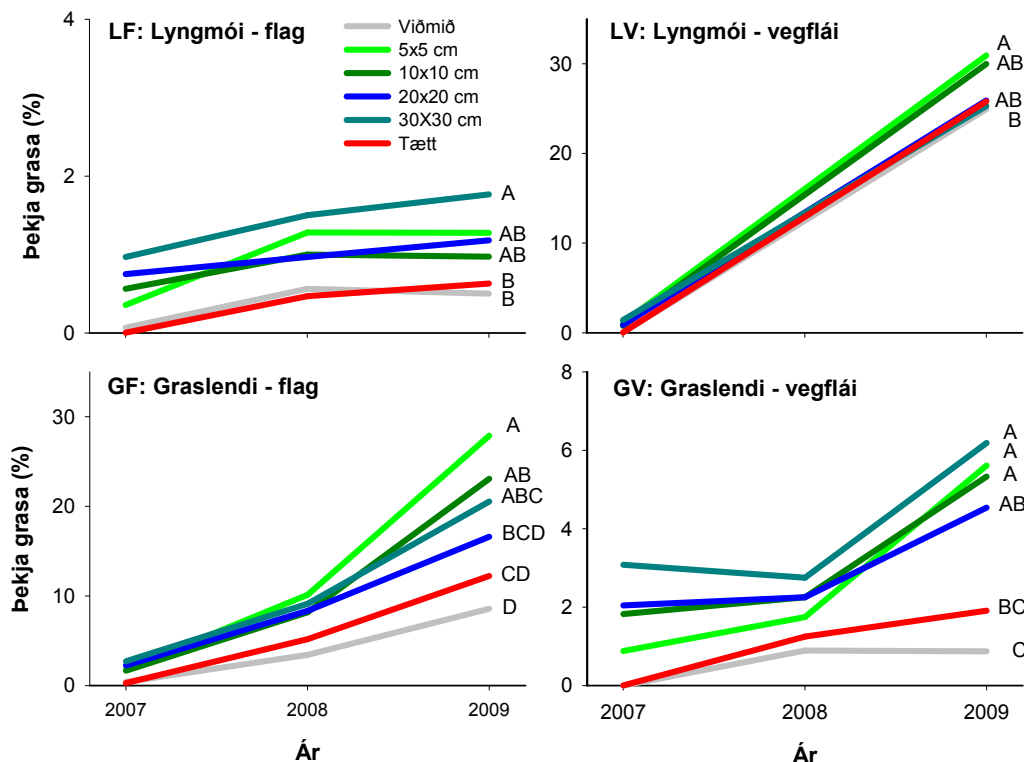


Mynd 3.6. Meðalfjöldi háplöntutegunda í tilraunareitunum (2 m^2) 2007-2009. Ekki var marktækur munur haustið 2009 á þeim meðferðum innan hversrar tilraunar sem merktar eru með sama bókstaf.

Áhrif torfustærðarinnar á fjölda háplöntutegunda í tilraunareitunum voru mismunandi eftir gjafasvæðum (mynd 3.6). Árið 2009 höfðu meðferðarreitir í öllum tilvikum fleiri tegundir en viðmiðunarreitirnir og var munurinn einkum skýr í vegfláatírauninum (GV og LV). Þar sem notaðar voru graslendistorfur (GF og GV) hafði stærð torfanna lítil áhrif á tegundafjöldann—aðeins ein tegund, hvítmaðra (*Galium normanii*), tapaðist úr minnstu torfunum í öllum meðferðum en engin tegund tapaðist úr stærri torfum. Mjög fáar tegundir voru í reitum með tættum torfum fyrsta árið en þeim fjölgaði með tímanum og var fjöldi tegunda í þeim ekki marktækt frábrugðin öðrum meðferðum á þriðja sumri. Strax á fyrsta ári komu klóelfting (*Equisetum arvense*), vegarfi (*Cerastium fontanum*) og vallhæra (*Luzula multiflora*) inn í marga tilraunareiti í graslendistírauninum og axhæra (*L. spicata*) bættist við árið eftir.

Þar sem notaðar voru lyngmóatorfur (LF og LV) var talsverður munur á fjölda tegunda eftir meðferðum (mynd 3.6). Flestar tegundir voru í reitum með stærstu torfunum, 30x30 cm og 20x20 cm. Í flagtírauninni (LF) fundust nokkrar tegundir einungis í þessum meðferðum haustið 2009: stinnastör, bugðupunktur (*Avenella flexuosa*), sauðamergur (*Loiseleuria procumbens*), grasvíðir (*Salix herbacea*) og brjóstagrass (*Thalictrum alpinum*). Að auki voru hvítmaðra og bláberjalyng (*Vaccinium uliginosum*) þá horfin úr 5x5 cm reitunum. Í vegfláatírauninni (LV) fundust þessar tegundir hins vegar í öllum torfustærðum.

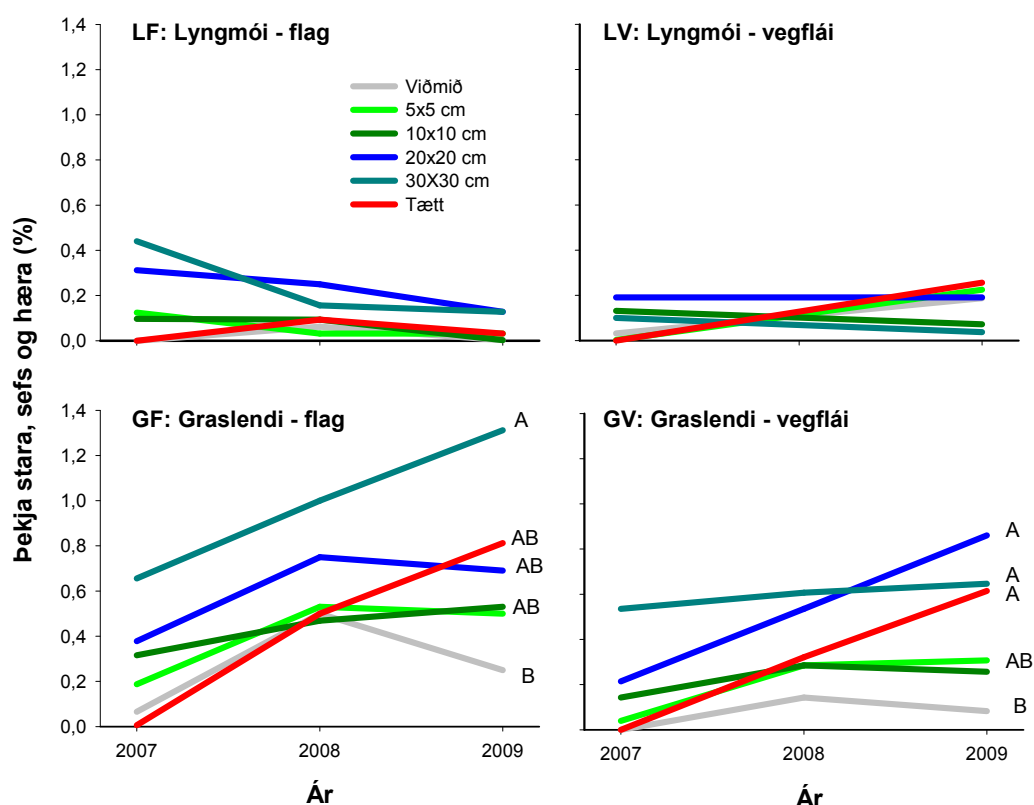
Tíraunameðferðir höfðu mismunandi áhrif á þekju einstakra tegundahópa. Þekja grasa í reitum með lyngmóatorfum (LV og LF) var mjög lítil í upphafi, um eða undir 1%, en jókst



Mynd 3.7. Breytingar á meðalþekju grasa í tíraunareitunum 2007-2009. Ekki var marktækur munur haustið 2009 á þeim meðferðum innan hvernar tíraunar sem merktar eru með sama bókstaf. Athugið að kvarði á y-ás er mismunandi eftir tíraunum.

með tímanum (mynd 3.7, tafla 3.2). Aukningin var þó einkum mikil í vegfláanum (LV), þar sem sáðtegundirnar rauðvingull og vallarsveifgras voru meginuppistaðan í þekjunni haustið 2009. Þar sem notaðar voru graslendistorfur var þekja grasa haustið 2009 mest í reitum með 5x5 cm torfunum í flaginu (GF), marktækt meiri en í reitum með 20x20 cm torfum. Í vegfláanum (GV) var mest þekja í reitum með 30x30 cm, 5x5 cm og 10x10 cm torfum (mynd 3.7). Í öllum tilraununum var þekja grasa yfirleitt minnst í viðmiðunareitum og reitum með tættum gróðurtorfum. Túnvingull var algengasta grastegundin en blávingull og língresistegundir (*Agrostis capillaris* og *A. vinealis*) höfðu einnig talsverða þekju.

Starir, sef og hærur höfðu afar litla þekju í reitum með lyngmóatorfum (mynd 3.8). Var þar einkum um að ræða stinnastör en einnig fundust þar axhæra (*Luzula spicata*) og móasef (*Juncus trifidus*). Frá og með 2008 fannst stinnastör aðeins í torfum sem voru 20x20 cm eða stærri í flagtilrauninni (LF) en í öllum torfustærðum í vegfláatilauninni (LV). Í reitum með graslendistorfum var þekja hálfgrasa einnig lítil; mest stinnastör í reitum með heilum torfum en vallhæra í reitum með tættum torfum.



Mynd 3.8. Breytingar á samanlagðri þekju hálfgrasa (starir, sef og hærur) í tilraunareitunum 2007-2009. Ekki var marktækur munur haustið 2009 á þeim meðferðum innan hversrar tilraunar sem merktar eru með sama bókstaf.

Tafla 3.2. Niðurstöður úr fersvikagreiningum á endurteknum mælingum á þekju og fjölda tegunda (á 2 m²) í einstökum tilraunum (repeated measures analysis). ***P < 0,001; **P < 0,01; *P < 0,05; nm, næstum marktækt (P = 0,05–0,07); em, ekki marktækt.

	Endurtekning	Meðferð (M)	Ár	M x Ár
LF: Lyngmói – flag	<i>F</i> (7,35)	<i>F</i> (5,35)	<i>F</i> (2,84)	<i>F</i> (10,84)
Gróið ²⁾	em	10,7***	199	2,1
Háplöntur	em	11,0***	68,3***	2,5*
Mosar	6,5**	8,6***	69,6***	4,1***
Grös ²⁾	em	11,5***	29,9***	em
Starir, sef og hærur				
Tvíkímblaða jurtir	2,9*	7,3***	36,7***	em
Byrkningar				
Sigrænir smárunnar	em	10,3***	14,5***	em
Sumargrænir smárunnar	em	36,1***	6,2**	13,2***
Meðalfjöldi tegunda í reit	em	33,6***	29,1***	2,5*
LV: Lyngmói – vegflái³⁾	<i>F</i> (7,35)	<i>F</i> (5,35)	<i>F</i> (1,42)	<i>F</i> (5,42)
Gróið	6,6***	5,1***	285	em
Háplöntur ⁴⁾	24,8***	3,0*	34,1***	em
Mosar ⁴⁾	2,3*	2,4 ^{nm}	20,8**	6,3*
Grös ⁴⁾	7,9***	7,3***	266***	2,5*
Starir, sef og hærur	em	em	3,7 ^{nm}	em
Tvíkímblaða jurtir	em	2,4 ^{nm}	43,4***	1,9 ^{nm}
Byrkningar	-	-	-	-
Sigrænir smárunnar	4,0**	12,4***	24,2***	em
Sumargrænir smárunnar	2,2 ^{nm}	14,4***	em	11,1***
Meðalfjöldi tegunda í reit	3,2*	35,4***	111***	4,1**
GF: Graslendi–flag	<i>F</i> (7,35)	<i>F</i> (5,35)	<i>F</i> (2,84)	<i>F</i> (10,84)
Gróið	7,6***	2,7*	307***	1,9 ^{nm}
Háplöntur	3,9**	4,2**	259***	3,0**
Mosar	3,1*	5,6***	136***	5,8***
Grös	em	11,6***	217***	5,9***
Starir, sef og hærur	em	4,6*	15,2***	em
Tvíkímblaða jurtir	em	2,4 ^{nm}	43,4***	1,9 ^{nm}
Byrkningar	em	em	em	em
Meðalfjöldi tegunda í reit	3,6**	9,7***	133***	em
GV: Graslendi–vegflái¹⁾	<i>F</i> (6,30)	<i>F</i> (5,30)	<i>F</i> (2,72)	<i>F</i> (10,72)
Gróið	2,6*	23,6***	57,5***	em
Háplöntur	3,3*	14,8***	86,0***	2,1*
Mosar	em	9,3***	31,1***	2,5*
Grös	3,2*	23,9***	63,6***	3,8***
Starir, sef og hærur	em	7,2***	19,3***	2,3*
Tvíkímblaða jurtir	em	em	14,5***	em
Byrkningar	em	em	29,5***	2,0*
Meðalfjöldi tegunda í reit	em	31,3***	145***	6,7***

¹⁾ Í GV tilrauninni varð ein endurtekningin fyrir skemmdum árið 2008 og var því sleppt.

²⁾ Tekin var kvadratrót af breytunni til að uppfylla skilyrði um normaldreifingu og jafna dreifni úrtaks.

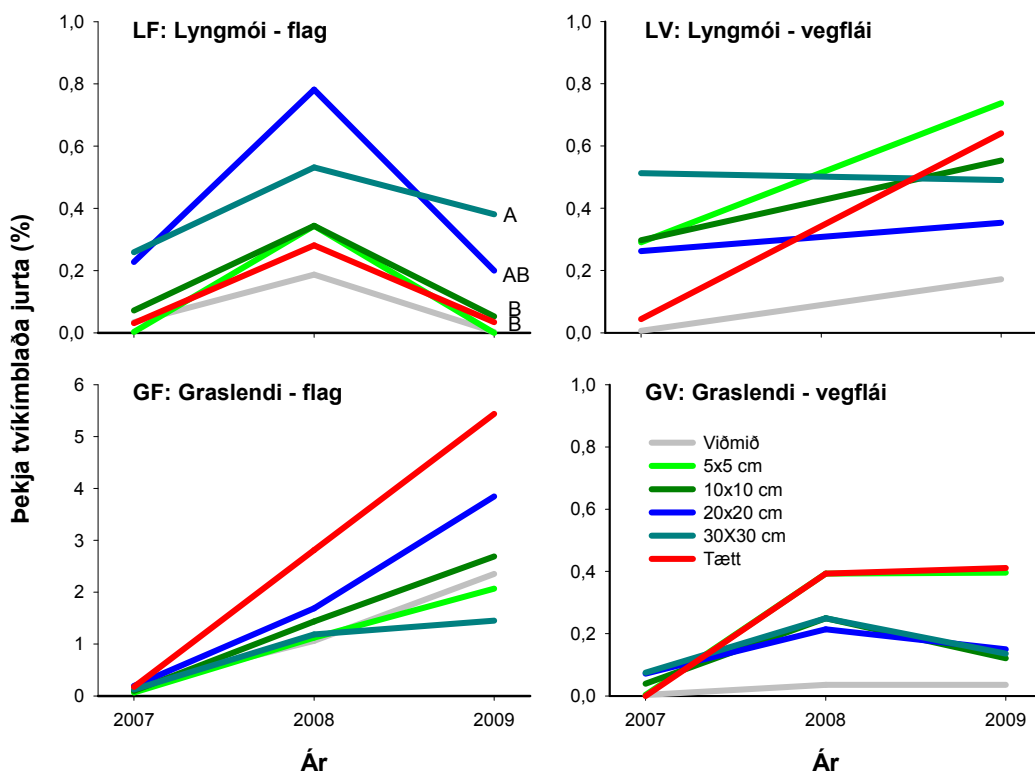
³⁾ Ekki voru gerðar þekjumælingar á LV tilrauninni árið 2008.

⁴⁾ Breytan var ln umreiknuð til að uppfylla skilyrði um normaldreifingu og jafna dreifni úrtaks.

Þekja tvíkímblaða jurta var lítil (<1%) í öllum tilraununum nema í flaginu við Kolviðarhól (GF). Þar jókst þekja vegarfa mikið með tímanum, einkum í reitum með tættum torfum (myndir 3.9 og 3.10), og var hann langalgengasta tvíkímblaða jurtin 2009. Í reitum með lyngmóatorfum höfðu hvítmaðra og brjóstagrass mesta þekju blómjurta. Skráning á tegundum í torfunum sjálfum leiddi í ljós að hvítmaðra var horfin úr 5x5 cm graslendistorfunum (GF og GV) og 5x5 cm lyngmóatorfum í flagtilrauninni (LF) árið 2009 og brjóstagrass fannst aðeins í 20x20 cm og 30x30 cm torfum í LF tilrauninni. Í vegfláatilrauninni með lyngmóatorfunum (LV) fundust þessar tegundir hins vegar í torfum af öllum stærðum. Torfustærð hafði aðeins marktæk áhrif á þekju blómjurta í einni tilraun, flagtilraun með lyngmóatorfum (LF) (tafla 3.2 og mynd 3.9).

Smárunnar fundust einungis í lyngmóatorfunum. Þekja sígrænna smárunna—aðallega krækilyngs en einnig sauðamergs—minnkaði með tíma í öllum meðferðum (mynd 3.11, tafla 3.2). Þekja sumargrænna smárunna jókst með tíma í reitum með stærstu torfunum en minnkaði eða hélst mjög lág í öllum meðferðum þar sem torfurnar voru minni en 20x20 cm (mynd 3.12). Þar var einkum um að ræða bláberjalyng en í minna mæli grasvíði og aðalbláberjalyng (*Vaccinium myrtillus*). Haustið 2009 var bláberjalyng horfið úr öllum 5x5 cm torfum í flagtilrauninni (LF) og sauðamergur fannst aðeins í 20x20 cm og 30x30 cm torfum. Hins vegar fundust þessar tegundir í öllum torfustærðum í vegfláatilrauninni (LV).

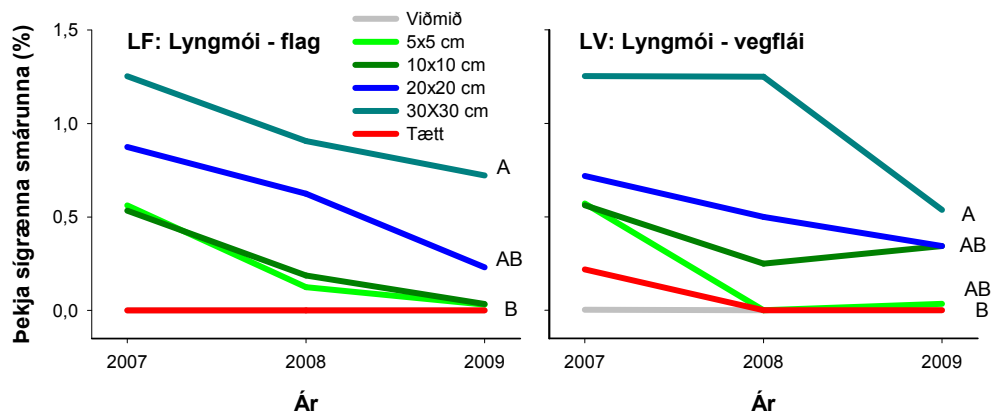
Lítið var um byrkninga í tilraunareitunum. Mosajafni (*Selaginella selaginoides*) fannst á gjafasvæði í lyngmóa en hafði nær enga þekju. Hann var horfinn úr öllum meðferðum árið 2009. Klóelfting kom fljótt inn í flagtilraunina með graslendistorfunum (GF) og hafði



Mynd 3.9. Breytingar á samanlagðri þekju tvíkímblaða jurta í tilraunareitunum 2007-2009. Ekki var marktækur munur haustið 2009 á þeim meðferðum innan hversrar tilraunar sem merktar eru með sama bókstaf.



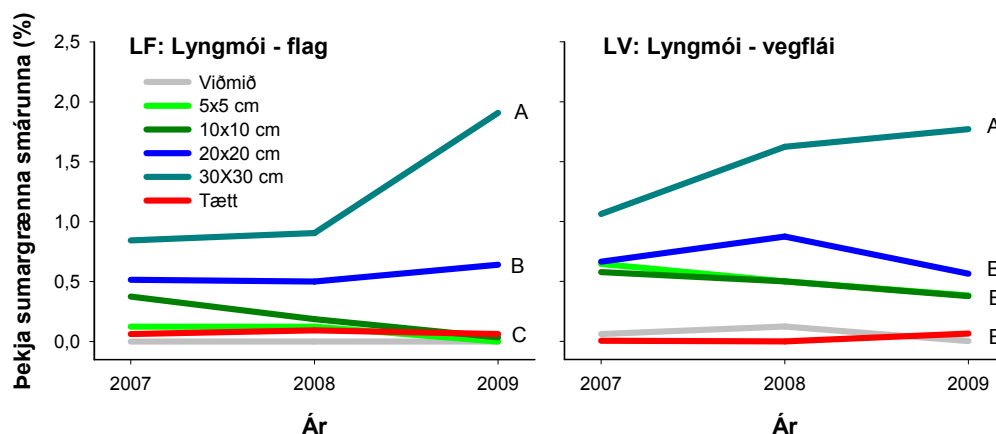
Mynd 3.10. Reitur með tættum graslendistorfum í flagtilrauninni (GF) við Kolviðarhól, 9. september 2009. Vegarfi, sem nokkuð er farinn að sölna, og língresi eru áberandi í reitnum. Einnig er þar talsvert af melagambra og vallhæru.



Mynd 3.11. Breytingar á samanlagðri þekju sígrænna smárunna í tilraunareitunum 2007-2009. Ekki var marktækur munur haustið 2009 á þeim meðferðum innan hvernar tilraunar sem merktar eru með sama bókstaf.

mælanlega þekju (0,5-5%) í flestum meðferðum þar árið 2009, mest í viðmiðunareitum (mynd 3.13). Klóelfting fannst einnig í flestum meðferðum annarra tilrauna en hafði alls staðar mjög litla þekju.

Árið 2007 var þekja mosa mest í tilraunareitunum með 30x30 cm torfunum í öllum tilraununum (mynd 3.14). Næstu tvö árin óx mosapekjan mest í reitum með tættum torfum, auk þess sem að mosapekja óx einnig mikið í reitum með 5x5 cm torfum í vegfláatilauninni með lyngmóatorfunum (LV) utan í Skarðsmýrarfjalli. Melagambri var yfirleitt algengasta mosategundin. Í sumum meðferðum með graslendistorfum voru móasigð, tildurmosi og engjaskraut einnig áberandi og hraungambri var áberandi í meðferðum með lyngmóatorfum.



Mynd 3.12. Breytingar á samanlagðri þekju sumargrænna smárunna í tilraunareitunum 2007-2009. Ekki var marktækur munur haustið 2009 á þeim meðferðum innan hversrar tilraunar sem merktar eru með sama bókstaf.

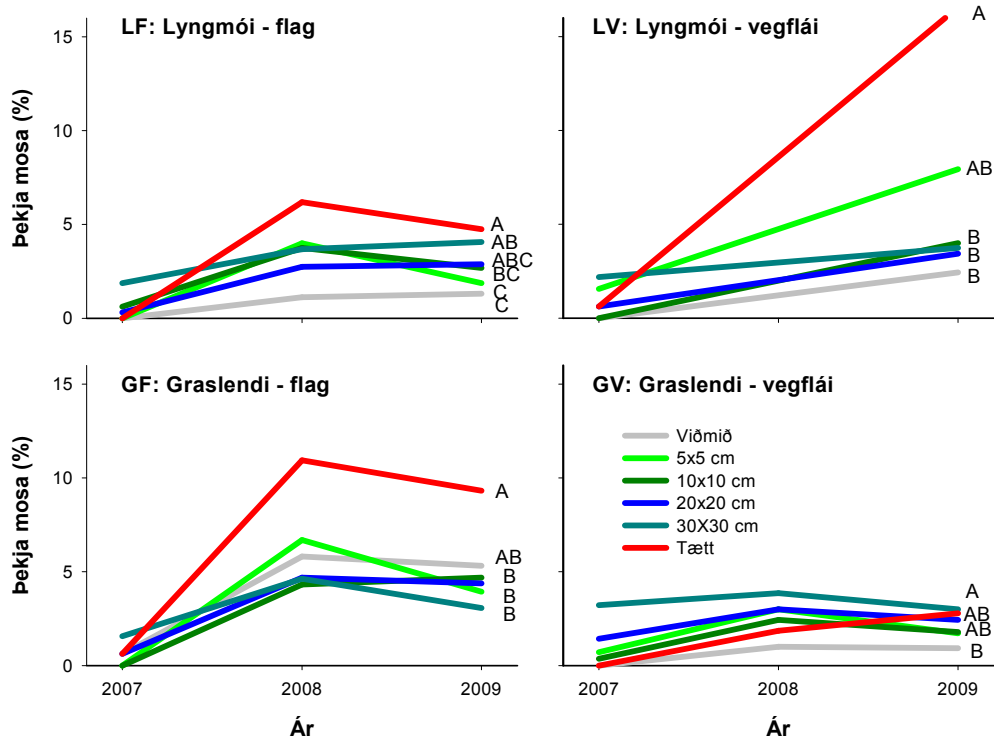


Mynd 3.13. Klóelfting myndaði nokkra þekju í flagtilraun með graslendistorfum (GF) við Kolviðarhól, einkum í torfulausum viðmiðunarreitum eins og þeim er hér sést. Myndin er tekin 9. september 2009.

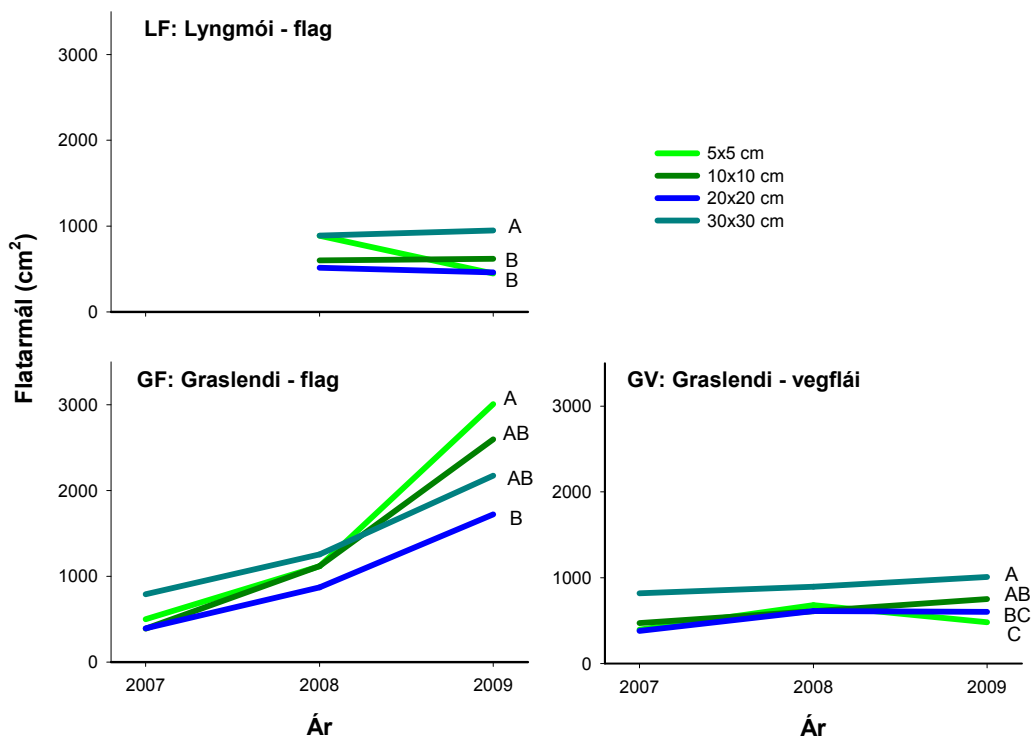
Niðurstöður sniðmælinga

Heildarflatarmál lyngmóatorfa í flagtilrauninni (LF) endurspeglar nokkurn veginn upprunalega stærð þeirra (mynd 3.15) og breyttist lítið á milli ára. Heildarflatarmál graslendistorfa jókst með tíma í öllum meðferðum í flagtilrauninni (GF) og var mest í 5x5 cm meðferðinni haustið 2009 en síðan komu 10x10 cm og 30x30 cm meðferðirnar (mynd 3.15). Í vegfláatilauninni (GV) urðu litlar breytingar á flatarmáli torfanna milli 2007 og 2009 og þar var heildarflatarmál allan tímann mest í reitum með 30x30 cm torfunum.

Ekki var marktækur munur á fjölda fræplantna og byrkninga á sniðum í LF tilrauninni 2008 og 2009 (tafla 3.3). Að meðaltali voru sjö fræplöntur á m² í ágúst 2008 en heldur færri árið eftir—aðallega grös. Dreifing grasfræs og lífræs áburðar yfir flesta reiti LV tilraunarinnar sumarið 2008 olli svo miklum grasvexti að ekki var hægt að gera áreiðanlegar sniðmælingar þar.



Mynd 3.14. Breytingar á þekju mosa í tilraunareitunum 2007-2009. Ekki var marktækur munur haustið 2009 á þeim meðferðum innan hversrar tilraunar sem merktar eru með sama bókstaf.



Mynd 3.15. Breytingar á heildarflatarmáli gróðurtorfa í hverjum reit (byggt á mælingum á þvermáli torfanna á sniðum yfir reitina) frá 2007 til 2009. Ekki var marktækur munur haustið 2009 á þeim meðferðum innan hversrar tilraunar sem merktar eru með sama bókstaf.

Tafla 3.3. Meðalþéttleiki fræplantna og smáplantna af byrkningum (plöntur m⁻²) í tilraunareitunum. Ekki var marktækur munur á meðalþéttleika plantna í meðferðum sem merktar eru með sama bókstaf innan árs í hverri tilraun. LF=lyngmóatorfur í flagi; GF=graslendistorfur í flagi; GV=graslendistorfur í vegfláa.

Tilraun	Ár	Tegundahópur	Meðferð					
			Viðmið	5x5	10x10	20x20	30x30	Tætt
LF	2008	Grös	4,2	12,5	2,5	5,0	6,7	6,7
		Hætur ^{*)}	-	-	-	1,7	-	0,8
		Annað	-	-	-	1,7	-	0,8
		Samtals	4,2 A	12,5 A	2,5 A	8,3 A	6,7 A	8,3 A
	2009	Grös	2,5	9,2	2,5	3,3	5,0	11,0
		Hætur ^{*)}	-	0,8	-	-	-	-
Elftingar		1,7	-	-	-	-	-	
Annað		0,8	0,8	-	0,8	-	-	
Samtals	5,0 A	10,8 A	2,5 A	4,2 A	5,0 A	11,0 A		
GF	2007	Grös	3,3	4,2	1,7	2,5	1,7	3,3
		Hætur ^{*)}	-	0,8	-	0,8	-	-
		Vegarfi	0,8	1,7	1,7	-	-	1,7
		Elftingar	1,7	-	-	-	-	-
		Annað	-	-	0,8	-	-	-
	Samtals	5,8 A	6,7 A	4,2 A	3,3 A	1,7 A	5,0 A	
	2008	Grös	16,7	23,3	30,8	22,5	17,5	15,8
		Hætur ^{*)}	5,0	0,8	4,2	2,5	1,7	5,8
		Vegarfi	3,3	5,0	3,3	6,7	2,5	4,2
		Elftingar	1,7	0,8	0,8	-	0,8	0,8
		Annað	-	-	-	-	-	2,5
	Samtals	26,7 A	30,0 A	39,2 A	31,7 A	22,5 A	29,2 A	
2009	Grös	30,0	37,5	25,0	33,3	28,3	52,5	
	Hætur ^{*)}	3,3	3,3	2,5	3,3	3,3	7,5	
	Vegarfi	87,5	64,2	69,2	97,5	66,7	219,2	
	Elftingar	17,5	1,7	0,8	-	8,3	1,7	
	Annað	-	-	-	-	-	1,7	
Samtals	138,3 AB	106,7 B	97,5 B	134,2 AB	106,7 B	282,5 A		
GV	2007	Ógr. teg.	-	0,8	-	-	-	0,8
	2008	Grös	13,3	15,2	10,5	16,2	15,2	18,1
		Hætur ^{*)}	-	1,0	-	1,0	-	2,9
Vegarfi		-	-	-	-	-	1,0	
Annað		1,9	-	-	-	1,9	2,9	
Samtals	15,2 A	16,2 A	10,5 A	17,1 A	17,1 A	24,8 A		
2009	Grös	13,3	27,6	13,3	21,9	15,2	27,6	
	Hætur ^{*)}	1,0	1,9	1,0	-	-	3,8	
	Vegarfi	-	1,9	-	1,0	9,5	45,7	
	Annað	-	-	1,0	-	-	-	
Samtals	14,3 B	31,4 AB	15,2 B	22,9 AB	24,8 AB	77,1 A		

^{*)} Aðallega vallhæra.

Landnám í GF tilrauninni var lítið í upphafi. Meðalþéttleiki fræplantna og byrkninga í öllum meðferðunum var 4plöntur m⁻² í ágúst 2007 og jókst í 30 plöntur m⁻² árið 2008 en ekki var marktækur munur á milli meðferða (tafla 3.3). Mest var af grösom, einkum língresi (*Agrostis* sp.) og vinglum (*Festuca* sp.) en einnig voru vallhæra og vegarfi algeng. Árið 2009 var meðalþéttleikinn kominn upp í 144 plöntur m⁻²; mestur í reitum með tættum torfum og var þar einkum um vegarfa að ræða. Í vegfláatilauninni (GV) fundust aðeins tvær fræplöntur árið 2007 og var hvoruga hægt að greina (tafla 3.3). Árið 2008 var meðalþéttleiki í öllum meðferðum kominn upp í 17 plöntur m⁻² og 31 plöntu m⁻² árið 2009. Eins og í flagtilrauninni (GF) var mest um grös til að byrja með en síðan varð vegarfinn ríkjandi og var þéttleiki beggja hópa mestur í reitum með tættum gróðurtorfum (tafla 3.3).

Sprotar einstakra plantna sem vaxið höfðu út frá torfunum eða brotum af þeim voru aðallega af grösom, einkum vinglum og sveifgrösom (*Poa* spp.). Þéttleiki þeirra var að jafnaði lítill, að meðaltali minna en fimm sprotar m⁻² í tilraun. Í flagtilraun með graslendistorfum (GF) var þéttleiki sprota mestur í reitum með 5x5 cm og 10x10 cm torfum sumarið 2007 og var það eina tilvikið þar sem fannst marktækur munur á þéttleika sprota milli meðferða (tafla 3.4).

Tafla 3.4. Meðalþéttleiki sprota (á m⁻²) sem vaxið hafa út frá gróðurtorfum í tilraunareitunum 2007 og 2009. Ekki var marktækur munur á meðalþéttleika sprota í meðferðum sem merktar eru með sama bókstaf innan árs í hverri tilraun. LF=lyngmóatorfur í flagi; GF=graslendistorfur í flagi; GV=graslendistorfur í vegfláa.

Tilraun	Ár	Tegundahópur	Meðferð				
			5x5	10x10	20x20	30x30	Tætt
LF	2009	Grös	-	-	0,8	0,8	-
		Annað	-	-	-	-	0,8
		Samtals	-	-	0,8	0,8	0,8
GF	2007	Grös	10,8	5,0	1,7	3,3	0,8
		Annað	-	0,8	-	-	-
		Samtals	10,8 A	5,8 A	1,7 AB	3,3 AB	0,8 B
	2009	Grös	2,5 A	8,3 A	3,3 A	3,3 A	1,7 A
GV	2007	Grös	0,8	-	-	-	-
	2009	Grös	4,2 A	5,0 A	4,2 A	5,8 A	0,0 A

Rask á gjafasvæðum

Ekki voru gerðar mælingar á gjafasvæðunum eftir að torfurnar voru teknar af þeim. Þó er ljóst að torfutakan olli miklu raski á þeim (mynd 3.3). Sumarið 2010 var mosi farinn að nema land í gróðursárunum og einstaka tegundir farnar að vaxa út í þau (mynd 3.16). Ekki hafði þó myndast heil þekja og ummerki um torfutökuna sáust vel ennþá.



Mynd 3.16. Ummerki eftir torfutökuna í lyngmóanum sáust enn vel sumarið 2010. Melagambri var þó farinn að mynda þekju í sárinu og lyngtegundir, einkum krækilyng, farnar að vaxa inn yfir það.

Um ræða

Markmið torfutilraunanna á Hellisheiði var að þróa aðferðir til að nýta gróðursvörð við að endurheimta náttúrulegan gróður á röskuðum svæðum. Í tilraununum voru prófuð áhrif torfustærðar og gróðurfars gjafasvæða á tegundafjölda og tegundasamsetningu viðtökusvæða, afkomu mismunandi tegundahópa, þróun gróðurtorfanna og landnám staðargróðurs í nágrenni þeirra. Þessir þættir gefa m.a. vísbendingar um árangur af torfluflutningunum með hliðsjón af viðmiðum Alþjóðlega vistheimtarfélagsins um hvað teljist endurheimt vistkerfi (SER 2004), þ.e. hvort endurheimta vistkerfið hafi sambærilega tegundasamsetningu og samfélög og viðmiðunarvistkerfið (e: reference ecosystem); að innlendar staðartegundir séu meginuppsstaða vistkerfisins; að tegundahópar, sem eru nauðsynlegir fyrir framvindu og stöðugleika vistkerfisins, séu til staðar eða geti borist inn á svæðið; og hið ólífræna umhverfi vistkerfisins sé fullnægjandi til viðhalds og endurnýjunar stofna af þessum tegundum. Rannsóknin tekur aðeins yfir rúm tvö ár (þrjú sumur) og því ólíklegt að öll langtímaáhrif hafi verið komin fram. Hins vegar varpa niðurstöðurnar nokkru ljósi á hvernig mismunandi tegundir og tegundahópar bregðast við torfluflutningum.

Áhrif torfustærðar á tegundafjölda

Stærð torfanna hafði lítil áhrif á tegundafjölda í tilraunareitunum þar sem graslendistorfur (GF og GV) voru notaðar en torfustærðin skipti mun meira máli þegar notaðar voru lyngmóatorfur, einkum í flagtilrauninni (LF) sunnan Skarðsmýrarfjalls (mynd 3.6). Tegundir með mjög litla þekju á gjafasvæðunum (<0,5%) voru viðkvæmar fyrir torfustærðinni, sem er í samræmi við fyrri rannsóknir (Bullock 1998). Hvítmaðra tapaðist alveg úr tilraunareitum með 5x5 cm graslendistorfunum og í flaginu sunnan Skarðsmýrarfjalls (LF) töpuðust brjóstagrass og hvítmaðra úr minnstu lyngmóatorfunum en mosajafni hvarf úr öllum meðferðum. Í LF tilrauninni töpuðust einnig úr minnstu torfunum tegundir sem höfðu 2-6% þekju á gjafasvæði, svo sem stinnastör, grasvíðir, sauðamergur og

bláberjalyng. Krækilyng (25% þekja á gjafasvæði) gaf verulega eftir í minnstu torfunum og hvarf alveg í reitum með tættum torfum. Það var hins vegar athyglisvert að þessar tegundir fundust í öllum torfustærðum í vegfláatilrauninni utan í Skarðsmýrarfjalli (LV), sem kjötmjöli, hrossataði og grasfræi var dreift yfir sumarið 2008. Þessar niðurstöður benda til þess að aðstæður á viðtökusvæði hafi ekki síður áhrif á árangur af torfuflutningi en torfustærðin (sjá t.d. Buckner & Marr 1988).

Áhrif torfustærðar á mismunandi tegundahópa

Ein megin rannsóknaspurning verkefnisins var hvort lágmarksstærð á torfum væri mismunandi fyrir mismunandi vaxtarform eða plöntutegundir. Niðurstöðurnar tilraunanna á Hellisheiði benda eindregið til þess að svo sé. Grös þoldu torfuflutninginn yfirleitt mjög vel (myndir 3.7 og 3.17), sem er í samræmi við niðurstöður annarra rannsókna (May o.fl. 1982, Buckner & Marr 1988, Bay & Ebersole 2006, Cole & Spildie 2006, Trueman o.fl. 2007). Algengustu grastegundirnar í tilraunareitunum, túnvingull, týtulingresi og hálíngresi, virtust þola vel skiptingu niður í minnstu torfurnar (5x5 cm). Þessar grastegundir geta myndað þéttar þúfur, auk þess sem þær dreifast bæði með hliðarsprotum og fræi (Grime o.fl. 2007). Grösin náðu sér ekki eins vel á strik eftir tætinguna og var þekja grasa í tættu reitunum yfirleitt minni en í öllum meðferðum með heilum torfum, þó hún væri heldur meiri þar en í viðmiðunarreitum.

Hálfgrös þoldu skiptingu upp í litlar torfur verr en grösin (mynd 3.8) en svörunin var þó mismunandi eftir tegundum. Til dæmis var stinnastör alveg horfin úr minnstu gróðurtorfunum í flagtilraun með lyngmóatorfum (LF) árið 2009; þekja hennar minnkaði með tíma í minni torfunum í báðum graslendistilraununum og var lítil sem engin í reitum með tættum torfum. Stinnastörin dreifist einkum með löngum jarðstönglum og helst virk tenging á milli margra kynslóða af sprotum (Jónsdóttir & Callaghan 1988) en myndun nýrra sprota er fremur hæg (Brooker o.fl. 2001). Ef sprotarnir eru aðskildir verða mikil afföll af þeim (Jónsdóttir & Callaghan 1988) og má líklega rekja lélega afkomu stinnustararinnar í minnstu torfunum til þess að þar voru aðeins stakir eða örfáir tengdir sprotar. Þessar niðurstöður eru í samræmi við fyrri rannsóknir, sem hafa sýnt að tegundir sem dreifast einkum með jarðstönglum þola torfuflutning fremur illa (May o.fl.1982, Cole & Spildie 2006), þar á meðal starir (Bay & Ebersole 2006). Stinnastörin var lítið farin að dreifa sér út fyrir torfurnar í tilraunareitunum; á sniðunum fannst aðeins ein fræplanta og einn sproti stinnustararinnar utan torfanna. Þar sem sprotamyndun stinnustarar er hæg (Jónsdóttir & Callaghan 1988) getur þetta þó breyst þegar torfurnar verða orðnar eldri.

Öfugt við stinnustör jókst þekja vallhæru með tímanum í báðum graslendistilraunum og var mest í reitum með tættum torfum. Mikið af vallhærinni kom upp af fræi (tafla 3.3), sem gæti meðal annars bent til uppruna úr fræforða í tættu torfunum.

Aðeins í einni tilraun, flagtilraun með lyngmóatorfum (LF), voru marktæk áhrif af torfustærð á þekju tvíkímblaða blómjurta (mynd 3.9, tafla 3.2), sem er líklega vegna þess að torfustærðin hafði ólík áhrif á mismunandi tegundir. Þekja vegarfa jókst með tímanum í öllum meðferðum í graslendistilraununum, mest í reitum með 5x5 cm og tættum torfum (mynd 3.10). Eins og vallhæran kom vegarfinn einkum upp af fræi (tafla 3.3) og gæti því



Mynd 3.17. Reitur með 5x5 cm graslendis-torfum í flagtilraun (GF) við Kolviðarhól, 9. september 2009.



Mynd 3.18. Reitur í flagtilraun milli hrauns og hliðar með 30x30 cm lyngmóatorfu (FL). Á myndinni má meðal annars greina krækilyng, aðalbláberjalyng og bláberjalyng og er það síðastnefnda byrjað að vaxa út frá torfunni. Einnig má sjá landnám melagambra í kring um torfuna. Myndin er tekin 4. ágúst 2010.

einnig verið um að ræða landnám frá fræforða, sem er algengt hjá þessari tegund (Grime o.fl. 2007). Þar að auki er vegarfinn þekkt „rasktegund“ (e: ruderal) og duglegur landnemi á röskuðum og tilbúnum svæðum. Lítið var um aðrar tegundir tvíkímblaða jurta í tilraunareitunum. Hvítmaðra og brjóstagrass hurfu með tímanum úr minnstu torfunum, nema í lyngmóa-vegfláatilrauninni (LV). Þar jókst þekja hvítmöðru í öllum meðferðum nema 30x30 cm torfunum frá 2007 til 2009 og var mest í reitum með tættum lyngmóatorfum sumarið 2009 þó hún hefði ekki fundist í þeim sumarið 2007. Þetta bendir til landnáms af fræi í reitum með tættum torfum, hugsanlega úr fræbanka. Hjá flestum möðrum (*Galium* spp.) eru bæði dreifing með jarðstönglum og nýliðun úr fræbanka mikilvæg (Grime o.fl. 2007) og brjóstagrasið dreifist einnig mikið með jarðstönglum (Mooney & Johnson 1965). Mikilvægi jarðstöngla hjá þessum tegundum getur útskýrt hvers vegna þær voru viðkvæmar fyrir skiptingu upp í litlar torfur.

Sígrænir smárunnar, aðallega krækilyng, höfðu >25% þekju á gjafasvæði í lyngmóanum. Þeir þurrkuðust samt út í reitum með tættum torfum, hurfu nær alveg í 5x5 cm torfunum og þekja þeirra minnkaði einnig með tíma í öðrum torfumeðferðum (mynd 3.11). Þessar niðurstöður benda til þess að sígrænir smárunnar þoli illa skiptingu upp í litlar torfur og hugsanlega voru stærstu torfurnar sem notaðar voru í tilrauninni (30x30 cm) nálægt lágmarksstærð fyrir flutning þeirra. Krækilyng dreifist einkum með myndun hliðargreina og getur myndað rætur þar sem greinarnar snerta jarðvegsyfirborðið en hefur gjarnan lágt hlutfall róta:sprota (Bell & Tallis 1973, Karim & Mallik 2008). Búast má við því að eftir því sem minni torfur er teknað verði minni hluti krækilyngsins rótfastur og hlutfall róta og sprota því óhagstætt í flestum torfunum. Krækilyng hefur djúpstætt rötarkerfi (Bell & Tallis

1973, Karim & Mallik 2008). Því er mögulegt að torfunum sem notaðar voru í tilrauninni (10 cm þykkar) hafi ekki fylgt nægjanlegt rótarkerfi til að krækilyngið geti náð sér á legg.

Líkt og sígrænir smárunnar áttu sumargrænir smárunnar erfitt uppdráttar í 5x5 cm og 10x10 cm torfunum en þekja þeirra jókst hins vegar með tíma í reitum með 30x30 cm torfum (myndir 3.12 og 3.18). Þetta bendir til þess að lágmarksþvermál á torfum fyrir flutning smárunna geti verið á bilinu 20-30 cm. Bláberjalyng og grasvíðir höfðu mesta þekju sumargrænna smárunna en báðar þessar tegundir dreifast með jarðstönglum (Jacquemart 1996, Beerling 1998), auk þess sem hliðarrætur myndast auðveldlega á greinum grasvíðisins (Hagen 2002). Það er athyglisvert að bæði sumar- og sígrænir smárunnar héldu betur velli í reitum með 10x10 cm lyngmóatorfum í vegfláatilrauninni (LV) en í flagtilrauninni (LF) (myndir 3.11 og 3.12). Betri vaxtarskilyrði í vegfláatilrauninni, einkum vegna auka áburðargjafar á hana sumarið 2008, gæti útskýrt þennan mun enda getur áburðargjöf örvað vöxt krækilyngs og bláberjalyngs (Parsons o.fl. 1994). Aðrar rannsóknir hafa hins vegar sýnt neikvæð áhrif áburðargjafar á hlutdeild smárunna í öröskuðum gróðursamfélögum (t.d. Gough o.fl. 2002, Kelley & Epstein 2009, Ása L. Aradóttir o.fl. 2010) og því verður athyglisvert að sjá hver þróunin verður í þekju smárunna í þessum tilraunareitunum á næstu árum.

Niðurstöður tilraunanna gefa takmarkaðar vísbendingar um áhrif torfluflutnings á byrkninga. Mosajafni var eini byrkningurinn sem fannst í lyngmóatorfunum (LF og LV tilraunirnar) en í mjög litlu magni, sem getur skýrt hvers vegna hann var horfinn úr tilraunareitunum árið 2009. Klóelfting nam land í GF tilraunareitunum strax á fyrsta sumri tilraunarinnar (tafla 3.3; mynd 3.13) og breiddist talsvert út þar. Þekja klóelftingar var mest í viðmiðunarreitum þar sem takmörkuð samkeppni var við aðrar tegundir. Þessi hegðun bendir til þess að klóelftingin hafi ekki komið úr torfunum enda var hún ekki skráð á gjafasvæðinu vorið 2007. Klóelfting er oft algeng í röskuðu landi og dreifist einkum með öflugum kerfi jarðstöngla (Grime o.fl. 2007).

Mosar lifðu ágætlega í torfunum, nema helst í minnstu lyngmóatorfunum í flagtilrauninni (LF), þar sem þeir áttu sums staðar erfitt uppdráttar (mynd 3.19). Þekja mosa jókst hraðast í



Mynd 3.19. Reitur í flagtilraun með 5x5 cm lyngmóatorfum (LF) 4. ágúst 2008. Frostlyfting og áfok úr reitnum virðast hafa leikið torfurnar grátt.



Mynd 3.20. Reitur í LV tilrauninni með tættum lyngmóatorfum. Mosar, einkum melagambri, voru mjög áberandi í gróðurþekjunni. Þetta var einn af fáum reitum í LV tilrauninni sem grasfræi var ekki dreift yfir. Myndin er tekin 3. september 2009.

meðferðinni þar sem tættum torfum hafði verið dreift yfir tilraunareitina (myndir 3.14 og 3.20). Einnig mátti víða sjá greinilegt landnám mosa í kring um torfunar (mynd 3.18), líklega frá mosabrotum eða greinum sem hafa dreifst frá torfunum. Melagambri var algengasta mosategundin í öllum tilraununum og með talsvert meiri þekju í reitum með lyngmóatorfum en hraungambri. Aðrar algengar mosategundir voru tildurmosi, engjaskraut og móasigð. Tilraunir með hraungambra, melagambra, engjaskrauti og tildurmosa í gróðurhúsi hafa sýnt að hægt er að fjölga þessum tegundum, bæði með því að flytja heilar greinar og með „mosahræringi“ þar sem virkir bútarnir voru á bilinu 2-10 mm (Magnea Magnúsdóttir 2010). Greinaflutningur skilaði góðum árangri hjá öllum tegundunum en árangur af mosahræringi var lélegastur hjá hraungambra. Á Helligheiði voru mosar í tilraunareitum með tættum gróðurtorfum ýmist sem heilar greinar eða misstór brot, sem virðist árangursrík leið til að flytja þá. Þetta er í samræmi við niðurstöður annarra rannsókna á Helligheiðarsvæðinu, þ.e. mikið landnám mosa í reitum með fræslægju (2. kafli) og árangur af flutningi mosagreina—einkum hraungambra—á Gígahnúk (5. kafli).

Þekja mosa í reitum með tættum lyngmóatorfum var langmest í vegfláa (LV), sem lífrænum áburði og grasfræi var dreift yfir sumarið 2008, og í flagtilraun með graslendistorfum (GF) sem fékk einnig aukaskammt af áburði (mynd 3.14). Þessar niðurstöður benda til þess að áburðargjöf geti haft jákvæð áhrif á landnám mosa og vert væri að kanna það nánar með tilraunum. Mörg dæmi eru til um að áburðargjöf við uppgræðslu stuðli að landnámi mosa (Elmarsdóttir o.fl. 2003, Gretarsdóttir o.fl. 2004, Ása L. Aradóttir & Guðmundur Halldórsson 2004) en niðurstöður tilraunanna á Helligheiði benda til þess að hægt sé að flýta því ferli með því að dreifa mosa yfir svæðin.

Samanburður á árangri af því að gróðursetja heilar torfur eða tæta torfurnar niður og dreifa þeim yfir viðtökusvæðið sýnir að hann er misjafn eftir tegundum og tegundahópum. Þekja mosa jókst hraðar í öllum tilraunum eftir tætinguna en í reitum með heilum torfum (mynd 3.14), sem tengist hæfileika þeirra til að vaxa upp af stökum greinum eða greinabrotum. Háplöntutegundir sem höfðu meiri þekju í reitum með tættum torfum en torfureitum voru einkum tegundir sem námu land af fræi, svo sem vallhæra og vegarfí. Þekja grasa var nær engin í reitum með tættum torfum fyrsta sumarið (mynd 3.7), sem bendir til þess að tætingin hafi farið illa með þau. Hins náðu vinglar sér sæmilega á strik í þessum reitum á næstu árum, einkum með landnámi frá fræi. Þær háplöntutegundir sem helst komust á legg í reitunum með tættu torfunum eru þær sömu og námu land eftir flutning á fræslægu á Hellisheiði (2. kafli). Hvorki stinnastör né smárunnategundirnar virtust þola tætinguna (myndir 3.8, 3.11 og 3.12) og lítið var um landnám þessara tegunda í reitum með tættum torfum. Niðurstöðurnar sýna því vel að mismunandi vaxtarform og tegundir þoldu tætinguna misvel. Þar sem svipaðar tegundir skiluðu sér úr tættum torfum og úr fræslægju er e.t.v. betra að nota fræslægjuna þar sem hún hefur minni áhrif á gjafasvæðið en það að taka torfur. Hins vegar er möguleiki að torfurnar skili meira af jarðvegsdýrum og jarðvegsörverum en slíkt var ekki kannað í þessari rannsókn.

Dreifing gróðurs út frá torfunum

Graslendistorfurnar í flagtilrauninni (GF) virtust einkum stækka við jaðrana. Því jókst heildar torfustærðin hraðast hjá meðferðunum með minnstu torfunum sem höfðu lengstan jaðar miðað við yfirborð, þ.e. 5x5 og 10x10 cm torfunum (mynd 3.15), og stefndu í að mynda samfellda þekju (myndir 3.17 og 3.21). Fyrsta sumarið fannst nokkuð af grassprotum við jaðra torfanna (eða búta af tættum torfum) í tilraunareitunum, mest í reitum með 5x5 cm og 10x10 cm torfum (tafla 3.4). Þessi sprotamyndun átti eflaust sinn þátt í stækkun torfanna. Í vegfláa með graslendistorfum (GV) og flagi með lyngmóatorfum (LF) stækkuðu torfurnar sjálfar lítið (mynd 3.15) og lítið var um grassprota við jaðra þeirra, þó slíkt væri aðeins farið að sjást í GV reitunum sumarið 2009 (tafla 3.4). Ekki var hægt að mæla breytingar á torfustærð í vegfláatilraun með lyngmóatorfum (LV) á áreiðanlegan hátt vegna uppgræðslu-aðgerðanna þar 2008; þó virtust torfurnar hafa stækkað þar nokkuð sumarið 2009.

Landnám af fræi fór hægt af stað í öllum tilraununum. Til að byrja með fannst mest af fræplöntum grasa en síðar komu fleiri tegundir inn (tafla 3.3). Ekki var hægt að greina ákveðið mynstur á milli meðferða hvað varðar þéttleika fræplantna af grasi og því erfitt að segja til um hvort um hafi verið að ræða frædreifingu út frá torfunum. Eins og áður hefur komið fram virtust vegarfinn og vallhæran einkum nema land af fræi, sem er mikilvæg leið til nýliðunar fyrir báðar tegundirnar (Grime o.fl. 2007). Bæði þekja og þéttleiki þessara tegunda jókst með tíma og var mestur í reitum með tættum torfum. Bendir það til þess að fræforði í tættu torfunum hafi stuðlað að landnámi vegarfa og vallhæru, sem síðan fjölgaði hratt eftir að fræuppspretta var komin á legg. Í GF tilrauninni byrjaði klóelfting einnig að nema land strax á fyrsta sumri og hafði náð 5% þekju í viðmiðunareitunum á þriðja sumri. Þar sem bæði elftingin og vegarfinn eru rasktegundir (Grime o.fl. 2007) sem voru sjaldgæfar á gjafasvæði, er aukning í þekju þeirra ekki í samræmi við markmið verkefnisins um endurheimt staðargróðurs.



Mynd 3.21. Reitir með 10x10 cm graslendistorfum í flagtilraun (GF) við Kolviðarhól, 4. ágúst 2010.



Mynd 3.22. Flagtilraun með lyngmóatorfum (LF) í júlí 2008. Í forgrunni er 30x30 cm torfa þar sem meðal annars má greina bláberjalýng, stinnustör og túnvingul.

Samanburður á tilraunasvæðum

Árangur af flutningi gróðurtorfa ræðst meðal annars af aðstæðum á viðtökusvæðum, svo sem jarðvegs- og rakaskilyrðum (Buckner & Marr 1988, Good o.fl. 1999, Bay & Edersole 2006). Bæði lifun einstakra tegunda í gróðurtorfunum, dreifing út frá torfunum og landnám nýrra tegunda var mest í flagtilraun með graslendistorfum (GF) og vegfláatilraun með lyngmóatorfum (LV). Á báðar tilraunirnar var dreift auka áburði fyrir slyzni sumarið 2008 og einnig virtust rakaskilyrði heldur betri í þessum tilraunum en í hinum tveimur tilraununum, þó engar mælingar séu til á þeim. Það voru einkum mosar og grös sem svöruðu áburðargjöfinni með aukinni þekju og betri vexti (myndir 3.17, 3.20 og 3.21). Umhverfisaðstæður virtust sérstaklega erfiðar í flagtilrauninni með lyngmóatorfunum (LF). Hún var á hrauni sem þakið var tiltölulega þunnu lagi af malarblönduðum jarðvegi (mynd 3.22). Þar gat yfirborð jarðvegsins þornað í löngum þurrkaköflum á sumrin (sjá 1. kafla) og ummerki voru um mikla frostlyftingu á veturna sem hafði einkum áhrif á minnstu torfurnar (mynd 3.19). Frostlyfting var reyndar líka talsverð í GF tilrauninni en þar voru þó minni ummerki um að torfurnar hefðu lyfst. Vegfláatilraunin með graslendistorfunum (GV) var í nokkuð bröttum vegfláa með grófri mól og litlum sem engum jarðvegi (mynd 3.23). Þessar umhverfisaðstæður voru verulega frábrugðnar því sem var í graslendinu þar sem torfurnar voru teknar en mikill munur á umhverfisaðstæðum gjafa- og viðtökusvæða getur haft neikvæð áhrif á árangur torfuflutnings (Bullock 1998). Torfurnar í GV tilrauninni stækkuðu lítið með tíma (mynd 3.15). Hins vegar var töluvert um fræplöntur í öllum meðferðarreitunum, langmest í reitum með tættum gróðurtorfum (tafla 3.3), sem bendir til uppruna í fræforða. Lítil merki voru um frostlyftingu í GV tilrauninni en yfirborð hennar var hins vegar fremur óstöðugt vegna mikils halla, einkum fyrsta árið.



Mynd 3.23. Vegfláatilaun með graslendistorfum (GV) í júní 2007.

Samantekt og ályktanir

Niðurstöður verkefnisins sýna að hægt er að nota torfur úr náttúrulegum gróðurlendum til að koma á legg fjölbreyttum gróðri á röskuðum svæðum og flýta þannig fyrir endurheimt staðargróðurs. Hins vegar veldur torfutaka talsverðu raski á gjafasvæðunum. Því ætti aðeins að taka torfur af svæðum þar sem gróðri væri annars eytt, t.d. úr vegstæðum eða eða öðrum framkvæmdasvæðum.

Torfustærð hafði lítil áhrif á tegundafjölda í graslendistorfum og þar sem torfurnar stækkuðu einkum út frá jöðrunum jókst flatarmál graslendistorfanna hraðast í reitum með minnstu torfunum. Aftur á móti jókst tegundafjöldinn með stærð torfanna þar sem notaðar voru lyngmóatorfur. Árangur af torfuflutningnum virtist einnig fara eftir vaxtarskilyrðum á viðtökusvæðinu; nokkrar tegundir sem hurfu úr minnstu torfunum í LF og GV tilraununum náðu að tóra í LV og GF tilraununum, sem borið var á fyrir slysi sumarið 2008.

Lágmarksstærð á torfum var mismunandi fyrir ólík vaxtarform. Grös þöldu vel skiptingu upp í 5x5 cm torfur og jókst þekja grasa með tíma í öllum meðferðunum. Sumargrænir smárunnar, svo sem bláberjalyng, áttu hins vegar erfitt uppdráttar í torfum sem voru minni en 20x20 cm, sem bendir til að það sé lágmarkstorfustærð fyrir flutning á þeim. Þekja sígrænna smárunna, einkum krækilyngs, minnkaði með tíma í öllum torfustærðum og þeir hurfu nær alveg í 10x10 cm og 5x5 cm torfunum. Lágmarkstorfustærð fyrir sígræna smárunna er því líklega nálægt 30x30 cm en einnig getur verið að ekki hafi náðst nógu stór hluti af rótarkerfi þeirra með því að hafa torfurnar 10 cm þykkar.

Auk þess að nota mismunandi torfustærðir var prófað að tæta gróðurorfurnar og dreifa yfir lítt raskað land. Tætingin hafði neikvæð áhrif á flesta hópa háplantna til að byrja með en talsvert landnám varð síðar í reitum með tættum graslendistorfum, hugsanlega frá fræbanka. Mosar tóku vel við sér í reitum með tættum torfum, hvort sem torfurnar voru úr graslendi eða lyngmóa. Mikið af sömu tegundum numu land eftir dreifingu á tættum gróðurorfum og eftir dreifingu fræslægju (2. kafli). Nokkur munur var þó á þekju einstakra tegundahópa

enda var dreifingahlutfallið 1:50 fyrir tættu torfurnar en 1:1 fyrir slægjuna. Þar sem ekki er framboð á gróðurtorfum er fræslægjan góður valkostur því sláttur hefur minni áhrif á gjafasvæðin (2. kafli) en torfutekja.

Niðurstöður tilraunanna sýndu að lágmarksstærð á torfum til flutnings var afar breytileg eftir tegundahópum. Í grófum dráttum má raða tegundahópunum á eftirfarandi hátt frá minnstu að mestu lágmarksstærð torfa en innan einstakra hópa geta síðan verið tegundir sem skera sig úr, t.d. vegna renglumyndunar eða mikillar nýliðunar af fræi:

mosar < grös < tvíkímblaða jurtir ≈ starir, sef og hærur < sumargrænir smárunnar < sígrænir smárunnar.

Aðferðir við torfluflutning þurfa að taka mið af gróðurfari gjafasvæðisins og hvaða tegundum er sóst eftir. Þar sem markmiðið er að koma á legg lyngtegundum og öðrum smárunnum er æskilegt að nota stórar torfur, 25 cm í þvermál eða stærri, og jafnvel hafa þær dýpri en 10 cm. Ef ekki er sérstaklega sóst eftir lyngtegundum má nota minni torfur til að koma flestum tegundum á legg. Litlar torfur má hugsanlega taka með borkjörnum og gróðursetja með plöntustaf.

Áburðargjöf á viðtökusvæðin virtist bæði geta stuðlað að aukinni lifun sjaldgæfra tegunda og landnámi utan við torfurnar og er þess vegna mælt með að bera áburð á viðtökusvæðin, einkum ef um mjög illa gróið land er að ræða. Þar sem sóst er eftir að mynda mosapekju fljótt getur verið æskilegt að tæta mosann niður í greinar eða greinabúta og dreifa yfir gjafasvæðið.

Þakkir

Tilraunirnar eru hluti af verkefninu *Endurheimt staðargróðurs á röskuðum hálendisvæðum*, sem styrkt var af Umhverfis- og orkurannsóknarsjóði Orkuveitu Reykjavíkur 2007-2009. Herdís Friðriksdóttir og samstarfsfólk hennar hjá Orkuveitunni áttu stóran þátt í að leggja tilraunirnar út og hafa hirt um þær. Ýmsir starfsmenn LbhÍ, einkum þær Erla Sturludóttir, Karólína Einarsdóttir, Brita Berglund, Sunna Áskelsdóttir og Ásta Kristín Guðmundsdóttir, hafa unnið við mælingar og aðra verkþætti og Jónatan Hermannsson var afar hjálplegur í sambandi við meðhöndlun á tættu torfunum. Ég þakka öllum þessum aðilum fyrir þeirra framlag. Einnig þakka ég Járngerði Grétarsdóttur, Ingibjörgu Svölu Jónsdóttur, Jóni Guðmundssyni, Herdísi Friðriksdóttur og Gunnari Hjartarsyni fyrir góðar ábendingar og umræður á ýmsum stigum verkefnisins.

Heimildir

Ása L. Aradóttir & Guðmundur Halldórsson 2004. Uppbygging vistkerfa á röskuðum svæðum. Fræðaðing landbúnaðarins 2004: 86-93.

Ása L. Aradóttir, Kristín Svavarsdóttir & Ólafur Arnalds 2010. Tilraunir til að styrkja hálendisgróður með áburðargjöf. Gróðurannsóknir vegna hættu á áfoki frá Háslóni. Rit LbhÍ nr. 27: 15-58.

Bay, R.F. & J.J. Ebersole 2006. Success of turf transplants in restoring alpine trails, Colorado, USA. Arctic Antarctic and Alpine Research 38: 173-178.

- Beerling, D.J. 1998. Biological flora of the British Isles. *Salix herbacea* L. Journal of Ecology 86: 872-895.
- Bell, J.N.B. & J.H. Tallis 1973. Biological flora of the British Isles. *Empetrum nigrum* L. Journal of Ecology 61: 289-305.
- Bergþór Jóhannsson 2003. Íslenskir mosar. Skrár og viðbætur. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 44, 135 bls.
- Brooker, R.W., B.Å. Carlsson & T.V. Callaghan 2001. Biological flora of the British Isles. *Carex bigelowii* Torrey ex Schweinitz (*C. rigida* Good., non Schrank; *C. hyperborea* Drejer). Journal of Ecology 90: 1072-1095.
- Bruelheide, H. 2003. Translocation of a montane meadow to simulate the potential impact of climate change. Applied Vegetation Science 6: 23-34.
- Buckner, D.L. & J.W. Marr 1988. Alpine revegetation of Rollin Pass after 18 years. Í (Keammerer, W. & L. Brown, ritstj.): Proceedings: High Altitude Revegetation Workshop no. 8. Fort Collins: Colorado Water Resources Research Institute, Colorado State University, Information Series no. 59: 273-290.
- Bullock, J.M. 1998. Community translocation in Britain: Setting objectives and measuring consequences. Biological Conservation 84: 199-214.
- Butt, K.R., C.N. Lowe & T. Walmsley 2003. Development of earthworm communities in translocated grasslands at Manchester Airport, UK. Pedobiologia 47: 788-791.
- Chambers, J. C. 1997. Restoration of alpine ecosystems in the United States. Í (Urbanska K. & N. Webb, ritstj.). Restoration ecology and sustainable development. Cambridge University Press, bls. 161-187.
- Cole, D.N. & D.R. Spildie 2006. Restoration of plant cover in subalpine forests disturbed by camping: Success of transplanting. Natural Areas Journal 26: 168-178.
- Conlin, D.B. & Ebersole, J.J. 2001. Restoration of an alpine disturbance: Differential success of species in turf transplants, Colorado, USA. Arctic Antarctic and Alpine Research 33: 340-347.
- Elmarsdóttir, A., A.L. Aradóttir & M.J. Trlica 2003. Microsite availability and establishment of native species on degraded and reclaimed sites. Journal of Applied Ecology 40: 815-823.
- Fahselt, D. 2007. Is transplanting an effective means of preserving vegetation? Canadian Journal of Botany 85: 1007-1017.
- Forbes, B.C., J.J. Ebersole & B. Strandberg 2001. Anthropogenetic disturbance and patch dynamics in circumpolar arctic ecosystems. Conservation Biology 15: 954-969.
- Good, J.E.G., Wallace, H.L., Stevens, P.A. & Radford, G.L. 1999. Translocation of herb-rich grassland from a site in Wales prior to opencast coal extraction. Restoration Ecology 7: 336-347.
- Gough, L., P.A. Wookey & G.R. Shaver 2002. Dry heath arctic tundra responses to long-term nutrient and light manipulation. Arctic Antarctic and Alpine Research 34: 211-218.
- Gretarsdóttir, J., A.L. Aradóttir, V. Vandvik, E. Heegaard & H.J.B. Birks 2004. Long-term effects of reclamation treatments on plant succession in Iceland. Restoration Ecology 12: 268-278.
- Grime, J.P., J.G. Hodgson & R. Hunt 2007. Comparative plant ecology. A functional approach to common British species. Second edition. Unwin Hyman, London.
- Hagen, D. 2002. Propagation of native Arctic and alpine species with a restoration potential. Polar Research 21: 37-47.

- Jacquemart, A.-L. 1996. Biological flora of the British Isles. *Vaccinium uliginosum* L. Journal of Ecology 84: 771-785.
- Hörður Kristinnsson 2008. Íslenskt plöntutal, blómplöntur og byrkningar. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 51, 58 bls.
- Jón Guðmundsson 2007. Uppgræðsla vegfláa með innlendum úthagategundum. Gildi yfirborðsjarðvegs við væntanlegan Suðurstrandarveg. Verkefni styrkt af Vegagerðinni, Framvinduskýrsla. Rit LBHÍ nr. 2. Landbúnaðarháskóli Íslands, umhverfisdeild, 16 bls.
- Jónsdóttir, I.S. & T.V. Callaghan 1988. Interrelationships between different generations of interconnected tillers of *Carex bigelowii*. Oikos 52: 102-128.
- Karim, M.N. & A.U. Mallik 2008. Roadside revegetation by native plants - I. Roadside microhabitats, floristic zonation and species traits. Ecological Engineering 32: 222-237.
- Kelley, A.M. & H.E. Epstein 2009. Effects of nitrogen fertilization on plant communities of nonsorted circles in moist nonacidic tundra, northern Alaska. Arctic Antarctic and Alpine Research 41: 119-127.
- Kidd, J.G., B. Streever & M.T. Jorgenson 2006. Site characteristics and plant community development following partial gravel removal in an arctic oilfield. Arctic Antarctic and Alpine Research 38: 384-393.
- Kiehl, K., A. Kirmer, T.W. Donath, L. Rasran & N. Hölzel 2010. Species introduction in restoration projects - Evaluation of different techniques for the establishment of semi-natural grasslands in Central and Northwestern Europe. Basic and Applied Ecology 11: 285-299.
- Krautzer, B. & H. Wittmann 2006. Restoration of alpine ecosystems. Í (van Andel, J. & J. Aronson, ritstj.): Restoration Ecology: the New Frontier. Blackwell Publishing, bls. 208-220
- Magnea Magnúsdóttir 2010. Leiðir til að fjölga mosum, einkum hraungambra (*Racomitrium lanuginosum*). B.S. ritgerð. Landbúnaðarháskóli Íslands, umhverfisdeild, 29 bls.
- May, D.E., P.J. Webber & T.A. May 1982. Success of transplanted alpine tundra plants on Niwot Ridge, Colorado. Journal of Applied Ecology 19: 965-976.
- Mooney, H.A. & A.W. Johnson 1965. Comparative physiological ecology of an arctic and alpine population of *Thalictrum alpinum* L. Ecology 46: 721-727.
- Parsons, A.N., J.M. Welker, P.A. Wookey, M.C. Press, T.V. Callaghan & J.A. Lee 1994. Growth responses of four sub-Arctic dwarf shrubs to simulated environmental change. Journal of Ecology 82: 307-318.
- Pywell, R.F., N.R. Webb & P.D. Putwain 1995. A Comparison of techniques for restoring heathland on abandoned farmland. Journal of Applied Ecology 32: 400-411.
- SER 2004. The SER primer on ecological restoration. Society for Ecological Restoration, Science and Policy Working Group. www.ser.org.
- Trueman, I., D. Mitchell & L. Besenyei 2007. The effects of turf translocation and other environmental variables on the vegetation of a large species-rich mesotrophic grassland. Ecological Engineering 31: 79-91.

4.

kafla

Nýting á gróðursvörð við uppgræðslu vegfláa

Ása L. Aradóttir
Ásta Kristín Guðmundsdóttir
Herdís Friðriksdóttir
Gunnar Hjartarson

Inngangur

Vegi, borpalla og önnur mannvirki sem tengjast virkjunum þarf í mörgum tilfellum að leggja yfir gróið land. Hægt er að nýta gróðursvörð sem þar er fyrir við uppgræðslu og frágang á röskuðum svæðum. Þriðji kafla þessa rits greinir frá niðurstöðum tilrauna til að kanna áhrif torfustærðar á árangur af flutningi gróðurtorfa. Þar voru prófaðar misstórar torfur, 5-30 cm þvermál, sem gróðursettar voru í hlutföllunum 1:50 og 1:22. Í endurheimtarverkefnum er hins vegar algengt að flytja mun stærri gróðurtorfur og leggja á viðtökusvæði í hlutfallinu 1:1 (sjá t.d. Pywell o.fl. 1995, Good o.fl. 1999, Trueman o.fl. 2007). Þannig má á tiltölulega skömmum tíma koma til gróðri sem hefur megineinkenni upphaflegu gróðurlendanna, þó oftast verði einhverjar gróðurfarsbreytingar í kjölfar flutninganna (Bullock 1998, Good o.fl. 1999, Bruelheide 2003, Bay & Ebersole 2006, Trueman o.fl. 2007, Kiehl o.fl. 2010).

Á undanförunum árum er í vaxandi mæli farið að geyma gróðursvörð af námusvæðum eða úr vegstæðum og nýta við uppgræðslu. Rannsóknir á notkun svarðlags við uppgræðslu vegfláa (Skrindo & Pedersen 2004) og námusvæða (Jóhannes B. Jónsson o.fl. 2009) benda til þess að slíkar aðgerðir geti hraðað landnámi staðargróðurs þó gróðurfar uppgræðslusvæðanna verði, a.m.k. tímabundið, frábrugðin gjafasvæðunum.

Við frágang á Hverahlíðarvegi á Hellisheiði vorið 2007 voru stórar gróðurtorfur úr vegstæði og nærliggjandi borpallsstæði lagðar á vegfláann (myndir 4.1 og 4.2). Sumarið 2009 gerðum við gróðurmælingar á vegfláa og aðliggjandi mólendi til að meta árangur torfuflutninganna með tilliti til endurheimtar staðargróðurs í vegfláanum. Jafnframt fékkst samanburður við tilraunir með flutning á minni gróðurtorfum sem lýst er í 3. kafla. Okkur vitanlega hefur ekki áður verið rannsakað hér á landi að hvaða marki flutningur á stærri gróðurtorfum í vegfláa stuðlar að endurheimt staðargróðurs.



Mynd 4.1. Gróðursvörður tekin úr vegstæði Hverahlíðarvegar og lagður jafnóðum í vegfláann. Myndirnar eru teknar 9. og 11. maí 2007.



Mynd 4.2. Gróðursvörður tekinn upp af borplani 36 og lagður í vegfláa við Hverarhlíðarveg. Myndirnar eru teknar 21. og 22. júní 2007.

Efni og aðferðir

Vegagerð og frágangur vegfláa. Hverahlíðarvegur er um 900 m langur og liggur frá gamla Suðurlandsveginum efst á Helligshéiði að borplani við Hverahlíð. Fyrsti hluti hans var lagður 2006 en síðari hlutinn var lagður í maí 2007. Miðað var við að lágmarksþykkt neðra burðarlags væri 50 cm og að notað væri í það óunnið efni með mestu steinastærð ≤ 15 cm. Í útboði var lögð áhersla á að verktaki raskaði ekki landi utan vegstæðisins og síðar var gerð sú viðbót að verktaki tæki hluta af gróðurþekju í vegstæði og varðveitti hana til að leggja á a.m.k. hluta af vegfláanum. Það var gert við þann hluta vegarins sem lagður var vorið 2007 (mynd 4.1). Í lok júní 2007 var síðan gengið frá eldri hluta vegarins og voru gróðurtorfur úr borstæði aðeins vestar á heiðinni fluttar í vegfláann (mynd 4.2). Af myndum má ráða að

torfurnar hafi verið lagðar misþétt í vegfláann (myndir 4.1 og 4.2) og virðast torfurnar víðast hvar þekja á bilinu 50 til 100% yfirborðs vegfláans (þakningarhlutfall 1:2 til 1:1). Gróður umhverfis vegstæðið einkenndist af gras, mosa- og flétturíku mólendi með dálitlu af rofdílum.

Ekki hefur verið dreift áburði á vegfláana. Snjó hefur verið mokað af veginum eftir þörfum og við það hefur eitthvað af malariburði borist út á vegfláana.

Gróðurmælingar. Dagana 14.-15. júlí 2009 voru lögð út og mæld þrjú pör af 50 m sniðum beggja vegna þess hluta vegarins sem lagður var 2006 (mynd 4.3). Tilviljanatölur réðu fjarlægð í metrum (25, 19 og 13 m fyrir snið 1-3) frá jaðri viðkomandi útskots að upphafspunkti sniðsins, sem merktur var með litlu flaggi.

Sniðin voru lögð þar sem mættust vegflái og lítt snortinn mói (mynd 4.4). Á hverju sniði voru valdir fimm punktar með tilviljanatölum. Á hverjum punkti var metin þekja í tveimur 0,5 x 0,5 m römmum: annars vegar í miðju vegfláa og hins vegar 2 m frá sniðinu í óröskuðu eða lítt röskuðu mólendi. Metin var þekja einstakra háplöntutegunda, helstu tegunda mosa og fléttna og lífrænnar jarðvegsskánar samkvæmt eftirfarandi skala, 1: <1%; 2: 1-5%, 3: 6-10%; 4: 11-15%; 5: 16-25%; 6: 26-50%; 7: 51-75% og 8: 76-100%.

Úrvinnsla. Við úrvinnslu gagna fyrir þekju einstakra tegunda var tölugildi þekjuskalans skipt út með miðgildi viðkomandi bils og það notað til að reikna meðalþekju tegundarinnar á hverju sniði. Einnig var lögð saman þekja tegunda í einstökum tegundahópum. Meðaltöl



Mynd 4.3. Upphafspunktar mælisniðanna við Hverahlíðarveg. Öll sniðin lágu samsíða veginum; snið 1A og 1V lágu frá ANA til VSV, snið 2A og 2V lágu nokkurn vegin til norðurs og snið 3A og 3V lágu frá norðri til suðurs. Suðurlandsvegurinn yfir Hellisheiði sést efst á myndinni og gamli Suðurlandsvegurinn skammt neðan hans.



Mynd 4.4. Gróðurmælingar við Hverahlíðarveg, 14. júlí 2009. Mælisniðin voru lögð þar sem mættust vegflái og lítt snortinn mói. Á hverju sniði var metin þekja í fimm rammaþörum: annars vegar í vegfláanum miðja vegu milli sniðsins og vegkants og hins vegar 2 m frá sniðinu í óröskuðu eða lítt röskuðu mólendi.

einstakra sniða voru notuð við alla tölfræðivinnslu. Fervikagreining var notuð til að bera saman heildarþekju og þekju mismunandi tegundahópa í vegfláa og aðliggjandi móa, áhrif þess hvorum megin við veginn viðkomandi snið var (átt) og samspil þessara þátta. PCA-hnitunargreining var notið til að bera saman tegundasamsetningu sniða í vegfláum og móa við hliðina (Lepš & Šmilauer 2003). Við hnitunargreininguna voru notuð gögn um meðalþekju háplantna á einstökum sniðum. Einnig var gerð sambærileg hnitunargreining á því hvort tegundir voru til staðar eða ekki. Skilyrt hnitunargreining, RDA (redundancy analysis) á sömu gögnum og Monte Carlo umröðunarpróf (permutation test) með 999 umröðunum voru notuð til að prófa áhrif staðsetningar (vegflái eða mói) og hallaáttar. Sniðin voru notuð sem skýribreytur (covariates), þannig að tekinn var út breytileiki vegna sniða áður en prófað var fyrir staðsetningu eða átt.

Fervikagreiningarnar voru gerðar með SAS 9.1 en hnitunargreiningarnar með CANOCO 4.5 (ter Braak & Šmilauer 2002).

Niðurstöður

Gróðurþekja var marktækt minni í vegfláa en nærliggjandi móa og munaði þar mestu um þekju mosa (tafla 4.1, mynd 4.5). Var þar einkum um að ræða gamburmosategundirnar hraungambra (*Racomitrium lanuginosum*) og melagrambra (*R. ericoides*). Þekja grasa var hins vegar marktækt hærri í vegfláa en móa. Það voru einkum túnvingull (*Festuca rubra*

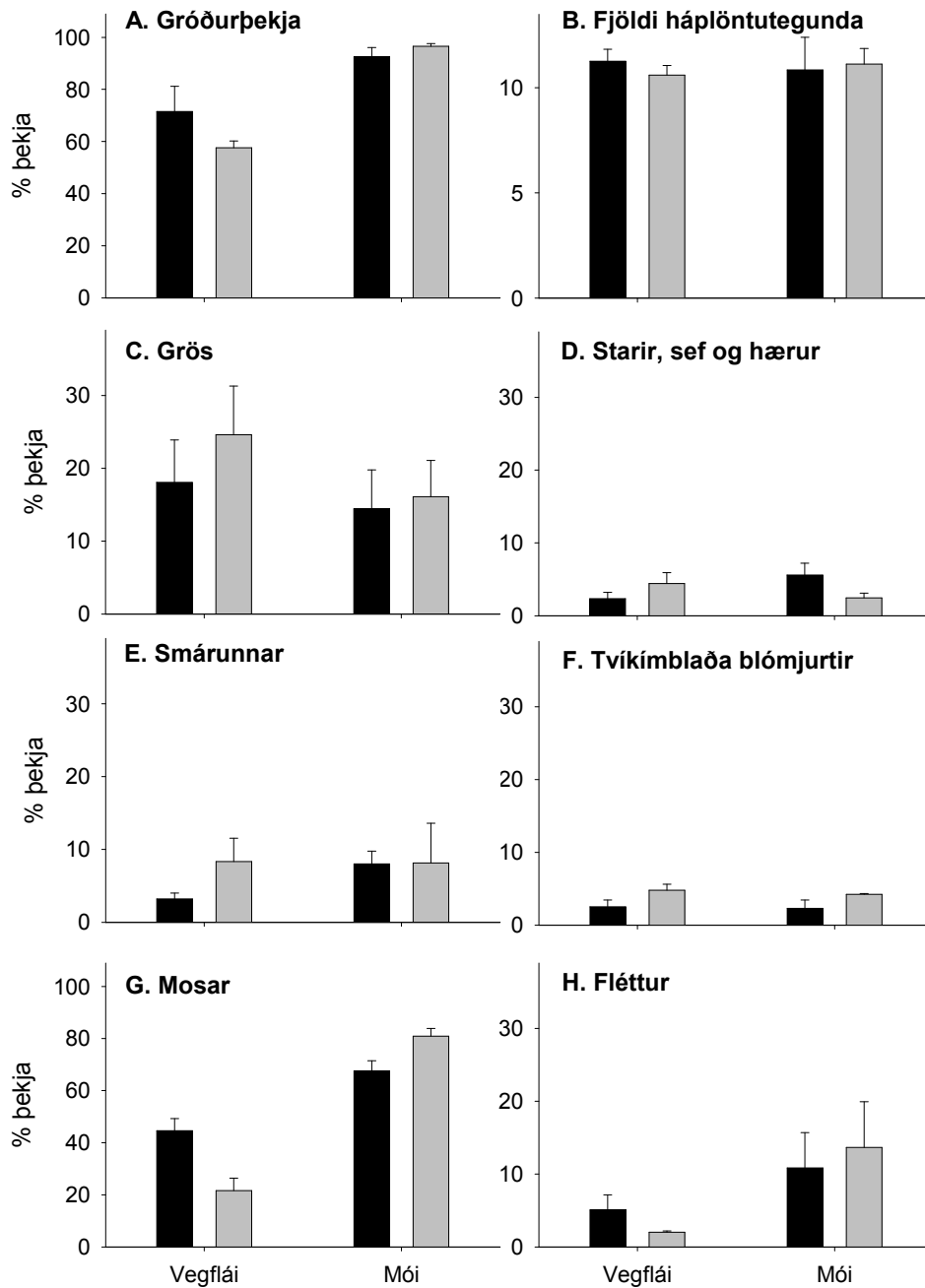
subsp. *richardsonii*) og týtulingresi (*Agrostis vinealis*) sem höfðu meiri þekju í vegfláanum en bugðupunktur (*Avenella flexuosa*), sem var algengasta grastegundin, hafði svipaða meðalþekju í móa og vegfláa. Flestar tegundir tvíkímblaða blómjurta höfðu svipaða þekju í vegfláa og móa; þær tvær algengustu, hvítmaðra (*Galium normanii*) og kornsúra (*Bistorta vivipara*), höfðu þó örlítið hærri þekju í vegfláanum. Þekja smárunnanna, einkum grasvíðis (*Salix herbacea*) og krækilyngs (*Empetrum nigrum*) var hins vegar heldur minni í vegfláanum en móanum (mynd 4.5). Sá munur var þó ekki marktækur (tafla 4.1) og ekki heldur munur á þekju fléttna. Meðalfjöldi háplöntutegunda í mæliramma var svipaður í vegfláa og móa.

Tafla 4.1. Niðurstöður ferskagreininga á áhrifum staðsetningar (vegflái eða mói) og hallaáttar á gróður við Hverahliðarveg í júlí 2009. Fritölur fyrir *F* próf eru gefnar innan sviga. ****P* < 0,001; ***P* < 0,01; **P* < 0,05; em=ekki marktækt.

	Snið	Staðsetning (S)	Átt (Á)	S x Á
	$F_{(2,6)}$	$F_{(1,6)}$	$F_{(1,6)}$	$F_{(1,6)}$
Heildarþekja gróðurs	em	25,3**	em	em
Fjöldi háplöntutegunda	em	em	em	em
Þekja einstakra tegundahópa				
Grös	30,3***	9,3*	em	em
Starir, sef og hærur	em	em	em	em
Tvíkímblaða blómjurtir	em	em	11,2*	em
Smárunnar	6,9*	em	em	em
Mosar	em	87,5***	em	17,0**
Fléttur	em	em	em	em

Hallaátt, þ.e. hvort var um að ræða vegfláa vestan/norðan eða austan/sunnan vegar, hafði ekki marktæk áhrif á heildarþekju eða þekju einstakra tegundahópa (tafla 4.1), fyrir utan að tvíkímblaða blómjurtir höfðu samanlagt meiri þekju vestan/norðan megin en austan/sunnan megin (mynd 4.5).

Lítill munur var á tegundasamsetningu háplantna eftir staðsetningu mælireita (vegflái eða aðliggjandi mói) eða eftir hallaátt vegfláa. Eigingildi fyrsta PCA-ássins fyrir þekju háplantna var 0,65 og eigingildi annars ássins var 0,17. Þegar aðeins var skoðað hvort tegundir voru til staðar eða ekki var eigingildi fyrsta PCA-ássins 0,27 og annars ássins 0,19. Skilyrt hnitunargreining (RDA) greindi í hvorugu tilfellinu marktækan mun eftir staðsetningu (vegflái og mói) eða hallaátt (tafla 4.2), sem þýðir að ekki fannst marktækur munur á tegundasamsetningu mæliramma í vegfláa og nærliggjandi mólendi.



Mynd 4.5. Heildarþekja gróðurs, fjöldi háplöntutegunda í mæliramma ($0,25 \text{ m}^2$) og þekja mismunandi tegundahópa í vegfláa og móa (meðaltal og staðalskekkja). Svartar súlur sýna meðaltöl sniða er voru austan eða sunnan megin vegarins en gráar súlur sýna meðaltöl sniða er voru vestan eða norðan megin vegarins. Athugið að skali á y-ás er mismunandi eftir því hvaða tegundahóp er um að ræða. Tafla 4.1 sýnir niðurstöður ferskagreininga fyrir þessar breytur.

Tafla 4.2. Niðurstöður skilyrtrar RDA-hnitunargreiningar á meðalþekju og tegundasamsetningu háplantna á sniðunum. Sýndar eru niðurstöður fyrir Monte-Carlo umröðunarpróf á 1. hnitunarás og

Sjálfstæðar breytur (independent variables)	Skýribreytur (covariables)	Þekja			Tegundasamsetning		
		%	F	P	&	F	P
Staðsetning og átt	Snið	13,9	1,71	0,088	21,6	1,23	0,390
Staðsetning	Snið	8,2	1,93	0,145	12,3	1,35	0,201
Átt	Snið	5,6	1,23	0,260	9,3	0,98	0,480
Staðsetning	Snið og átt	8,2	2,02	0,091	12,3	1,36	0,208
Átt	Snið og staðsetning	5,6	1,39	0,229	9,3	1,02	0,414

prósent útskýrðs breytileika í gögnum.

Umræður

Markmið flutnings á gróðurtorfum í vegfláa við Hverahlíðarveg var einkum að græða upp vegfláann með staðargróðri þannig að hann félli vel að umhverfinu. Niðurstöður gróðurmælinga á vegfláanum og aðliggjandi mólendi rúmunum tveimur árum eftir að torfurnar voru lagðar á vegfláann benda til þess að það markmið hafi mikið til náðst; ekki var marktækur munur á tegundasamsetningu vegfláa og móa (tafla 4.2), tegundaauðgi var sú sama og þekja flestra tegundahópa var sambærileg (mynd 4.5 og tafla 4.1).

Grös voru eini tegundahópurinn með marktækt meiri þekju í vegfláa en móa (mynd 4.5c). Aðrar rannsóknir hafa sýnt að grös þola torfuflutning almennt vel (Bay & Ebersole 2006, 3. kafli) og að hlutdeild þeirra aukist jafnvel með tíma (Trueman o.fl. 2007). Það voru einkum túnvingull og týtulíngresi sem höfðu meiri þekju í vegfláanum en móanum. Má hugsanlega rekja þessa aukningu til þess að raskið sem fylgdi torfuflutningnum hafi stuðlað að hraðara niðurbroti á lífrænu efni í jarðveginum og þar af leiðandi tímabundinni aukningu á framboði næringarefna (sjá t.d. Brady & Weil 2008). Ef um slík áhrif er að ræða gætu þau gengið til baka á nokkrum árum.

Þekja mosa var helmingi lægri í vegfláanum en móanum, sem bendir til þess að rask við flutninginn hafi farið illa með melagambrann og hraungambrann sem þar voru ríkjandi. Sú var þó ekki raunin við flutning á lyngmóatorfum í vegfláa og flag á Hellisheiði (3. kafli). Þar héldu þessar mosategundir velli og juku þekju sína eftir torfuflutning, nema í minnstu torfunum (5x5 cm) í flagi. Þar að auki náði melagambrinn sér þar ágætlega á strik í reitum með tættum torfum, sem er í samræmi við getu hans til að vaxa upp af greinum og greinabútum (Magnea Magnúsdóttir 2010). Lægri þekja mosa í vegfláanum við Hverahlíðarveg en í aðliggjandi móa mætti rekja til þess að hann hafi þolað illa hnjask við upptöku, flutning og frágang á torfunum með vélskóflu eða að rask frá veginum—vegna ryks og snjómoksturs—hafi farið illa með mosann.

Í rannsókn Bruelheide (2003) á flutningi gróðurs úr fjallaengi í Harz fjöllum í Norður-Þýskalandi gengu upphaflegar gróðurfarsbreytingar á torfunum til baka á nokkrum árum. Fróðlegt verður að sjá hvort þekja grasa og mosa í vegfláanum eigi eftir að líkjast meira

þekju þeirra í móanum eftir nokkur ár. Það er þó ekki víst þar sem vaxtarskilyrði í vegfláanum eru talsvert önnur en í móanum, jarðvegur þynnri og álag frá veginum. Því væri æskilegt að endurmæla mælisniðin á 2-3 ára fresti næstu árin til að fylgjast með þróun tegundasamsetningar og fá fram lengri tíma áhrif af torfuflutningunum.

Vegflái Hverahlíðar féll nokkuð vel að umhverfinu (mynd 4.6) sem meðal annars má rekja til þess að yfirborð gróðurs í fláanum var óslétt líkt og þýfður móinn við hliðina. Þetta sýnir mikilvægi þess að yfirborðsfrágangur sé í samræmi við nærliggjandi landform. Við frágang á vegfláum má oft sjá því sem næst rennislétt yfirborðið en ekki er mælt með slíku þar sem þá gæti viðkomandi svæði stungið mjög í stúf við umhverfið. Auk þess býður óslétt yfirborð að öllu jöfnu upp á betri skilyrði fyrir fjölbreyttan gróður og stuðlar að hraðara landnámi fleiri tegunda (Whisenant 1999, Steinfeld o.fl. 2007).

Tiltölulega hátt torfuhlutfall, notkun á nokkuð stórum torfum og flutningur jafnóðum frá gjafasvæði á viðtökustað hafa án efa haft sitt að segja varðandi góðan árangur af torfuflutningi í vegfláa Hverahlíðarveggar. Þar sem ekki var um tilraun að ræða var hvorki stærð né þykkt torfanna stöðluð og því erfitt að segja til um áhrif torfustærðar á árangur. Ljóst er að sú aðferð sem hér var notuð skilar þekju staðargróðurs mun hraðar en þar sem lægra torfuhlutfall er notað (sbr. 3. kafla). Á móti kemur verri nýting á gróðursverðinum og líklega hærri kostnaður á flatareiningu við endurheimt. Báðar aðferðir virðast þó geta stuðlað að endurheimt staðargróðurs á raski vegna mannvirkjagerðar en hvor aðferðin er valin fer eftir aðstæðum og markmiðum endurheimtarinnar.

Þó aðeins sé um mælingar á skammtímaárangri að ræða benda niðurstöður okkar sterklega til þess að gróðursvörður á svæðum sem raskað er við framkvæmdir geti nýst til endurheimtar staðargróðurs og/eða til að draga úr vistfræðilegum og sjónrænum áhrifum mannvirkjanna sjálfra. Í sverðinum felast því verðmæti sem vert er að fara vel með.



Mynd 4.6. Vegflái Hverahlíðarveggar frá mismunandi sjónarhornum. Yfirborð gróðurs í fláanum var nokkuð óslétt, sem féll vel að þýfinu í móanum. Á myndinni til hægri sést litamunur á vegfláanum og nærliggjandi móa, aðallega vegna meiri grósku grasa í fláanum. Myndin til vinstri er tekin 14. júlí 2009 en myndin til hægri er tekin í júní 2010.

Heimildir

- Bay, R.F. & J.J. Ebersole 2006. Success of turf transplants in restoring alpine trails, Colorado, USA. *Arctic Antarctic and Alpine Research* 38: 173-178.
- Brady, N.C. & R.R. Weil 2008. *The Nature and Properties of Soils*. 13. útgáfa. Pearson Education Inc., New Jersey, 965 bls.
- Bullock, J.M. 1998. Community translocation in Britain: Setting objectives and measuring consequences. *Biological Conservation* 84: 199-214.
- Bruelheide, H. 2003. Translocation of a montane meadow to simulate the potential impact of climate change. *Applied Vegetation Science* 6: 23-34.
- Good, J.E.G., H.L. Wallace, P.A. Stevens & G.L. Radford 1999. Translocation of herb-rich grassland from a site in Wales prior to opencast coal extraction. *Restoration Ecology* 7: 336-347.
- Jóhannes B. Jónsson, Ása. L. Aradóttir & Hersir Gíslason 2009. Samanburður á notkun svarðlags og hefðbundinna aðferða við uppgræðslu. *Fræðaging landbúnaðarins* 6: 476-480.
- Kiehl, K. 2010. Plant species introduction in ecological restoration: Possibilities and limitations. *Basic and Applied Ecology* 11: 281-284.
- Leps, J. & P. Smilauer 2003. *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press.
- Magnea Magnúsdóttir 2010. Leiðir til að fjölga mosum, einkum hraungambra (*Racomitrium lanuginosum*). B.S. ritgerð við Umhverfiseild Landbúnaðarháskóla Íslands, 29 bls.
- Pywell, R.F., N.R. Webb & P.D. Putwain 1995. A Comparison of techniques for restoring heathland on abandoned farmland. *Journal of Applied Ecology* 32: 400-411.
- Skrindo, A.B. & P.A. Pedersen 2004. Natural revegetation of indigenous roadside vegetation by propagules from topsoil. *Urban Forestry & Urban Greening* 3: 29-37.
- Steinfeld, D.E., S.A. Riley, K.M. Wilkinson, T.D. Landis & L.E. Riley 2007. *Roadside Revegetation: An Integrated Approach To Establishing Native Plants*. Report nr. FHWA-WFL/TD-07-005. Federal Highway Administration, Vancouver, 424 bls. <http://www.wfl.fha.dot.gov/td/revegetation.htm>; sótt 23. sept. 2010.
- ter Braak, C. J. F. & P. Smilauer 2002. *CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA.
- Trueman, I., D. Mitchell & L. Besenyei 2007. The effects of turf translocation and other environmental variables on the vegetation of a large species-rich mesotrophic grassland. *Ecological Engineering* 31: 79-91.
- Whisenant, S.G. 1999. *Repairing Damaged Wildlands*. Cambridge University Press, Cambridge, 312 bls.

5.

kafla

Dreifing gamburmosa á raskað land¹

Ása L. Aradóttir
Herdís Friðriksdóttir

Inngangur

Mosar eru mikilvægir í gróðurfari Íslands. Mosapembur þar sem gamburmosar (*Racomitrium* spp.) eru nær einráðir í gróðurþekjunni finnast víða í hraunum og til fjalla (Eyþór Einarsson 2005). Mannvirkjagerð og umferð á slíkum mosavöxnum svæðum mynda auðveldlega sár í gróðurþekjuna sem geta verið áberandi um áratuga skeið. Eftir rask í hraunum geta gamburmosar smám saman numið land og myndað nær samfellda gróðurþekju en það ferli tekur þó marga áratugi (Eygló Gísladóttir 1996, Lilja Karlsdóttir og Sigmundur Einarsson, óbirt gögn). Í nýjum Hekluhraunum hefst landnám gamburmosa innan fárra ára þó myndun samfelldrar mosapækju geti tekið allt að öld (Cutler o.fl. 2008a,b). Talið er að hraungambri (*Racomitrium lanuginosum*) dreifist einkum með mosabrotum, þó að hann geti líka dreifst með gróum (Tallis 1959). Nýlegar tilraunir með fjölgun hraungambra við stýrðar aðstæður í gróðurhúsi sýna að hann getur bæði vaxið upp af heilum greinum og mosabrotum (Magnea Magnúsdóttir 2010). Dreifing á tættum sverði eða fræ- og mosaslægju úr mosaríku gróðurlendi virðist einnig örva landnám mosa (sjá 2. og 3. kafla).

Í Gígahnúk á Hellisheiði (mynd 1.1) var efnisnám um árabíl. Hluti hnúksins var mjög raskaður er bygging Hellisheiðarvirkjunar hófst og hefur endurmótun hans verið þáttur í umhverfisverkefnum OR á heiðinni (Orkuveita Reykjavíkur 2008). Mosapembur, þar sem hraungambri er ríkjandi tegund, einkenna gróðurfar Gígahnúks og nágrennis og eru slíkar mosapembur jafnframt útbreiddustu gróðurlendi Hellisheiðar (Rannveig Thoroddsen 2002). Er jarðvinnu á Gígahnúk lauk sumarið 2008 var gjalli dreift yfir röskuðu svæðin til að líkja eftir áferð umhverfisins og skapa aðstæður fyrir landnám gróðurs (Orkuveita Reykjavíkur 2008). Síðan var mosa dreift yfir gjallið þess að freista þess að flýta landnámi mosa þar (myndir 5.1 og 5.2). Hér er gerð grein fyrir niðurstöðum úttektar á tíðni og þekju mosa á Gígahnúk haustið 2009 til að meta skammtímaárangur mosadreifingarinnar.

¹Þessi kafla er byggður á grein sem var birt í riti Fræðabings landbúnaðarins (Ása L. Aradóttir & Herdís Friðriksdóttir 2010). Hér hefur greinin verið aukin og endurbætt, töflu breytt og að auki bætt við myndum og viðaukatöflu.

Efni og aðferðir

Mosadreifing. Mosinn var tekinn af svæði sem raskað var við lagningu Hellisheiðaræðar er liggur frá Hellisheiðarvirkjun til Reykjavíkur. Gjafasvæðið er rúmlega 5 km vestur af Gígahnúki í tæplega 250 m hæð yfir sjávarmáli. Mosinn var handreyttur og settur í stóra sekki (mynd 5.1a). Honum var síðan dreift með handafla yfir röskuð svæði á Gígahnúki (mynd 5.1b). Í byrjun var mosanum dreift mjög þykkt en yfir mesta hluta svæðisins var honum sáldrað þunnt (mynd 5.2). Alls var mosagreinum og -brotum dreift yfir um það bil fjóra hektara en magn mosans sem dreift var liggur ekki fyrir. Dreifingin fór fram dagana 25. ágúst til 5. september 2008 og vann hópur sjálfboðaliða frá British Trust for Conservation Volunteering við dreifinguna.



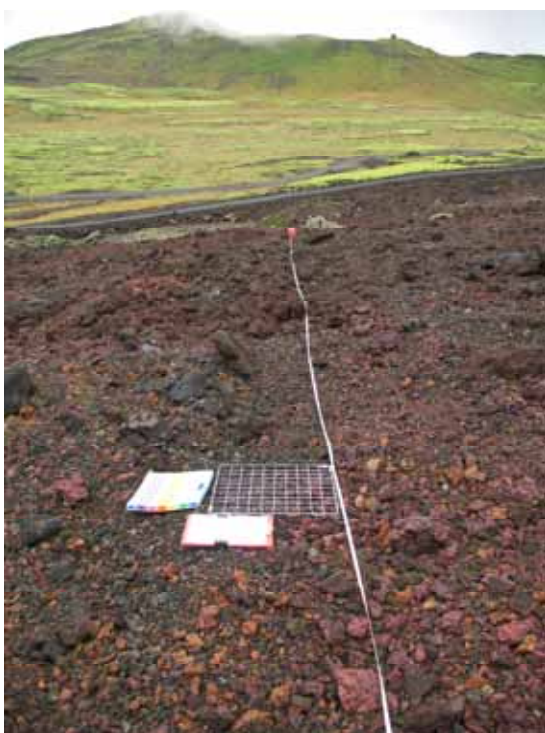
Mynd 5.1. Sjálfboðaliðar taka mosa af svæði sem raskað var við lagningu Hellisheiðaræðar (vinstri) og dreifa honum við Gígahnúk (hægri). Myndirnar eru teknar í ágúst og september 2008.



Mynd 5.2. Dreifing mosa á Gígahnúk haustið 2008. Til að byrja með var mosanum dreift nokkuð þykkt (vinstri) en síðan var honum sáldrað þynnra (hægri).

Úttektir. Haustið 2009 voru lögð út fjögur 30 m löng snið í suðurhlíð og topp Gígahnúks til að meta árangur mosadreifingarinnar (viðauki 2). Neðsta sniðið var neðarlega í hlíðinni, í um 400 m hæð yfir sjó. Það hófst um 20 m austan við göngustíg upp á hnúkinn og var lagt skáhallt upp brekkuna frá vestri til austurs. Síðan voru sniðin lögð út með 50 m millibili, fyrir utan að 100 m voru á milli þriðja og fjórða sniðsins þar svæðið mitt á milli þeirra var að hluta til lítt röskuð mosapemba. Fjórða og efsta sniðið var á toppi Gígahnúks, í um 440 m h.y.s. Sniðin höfðu öll sömu stefnu, nema fjórða sniðið sem þurfti að hnika til vegna landslags á toppi hnjúksins. Endar sniðanna voru merktir með litlum flöggum á járnvir og tekin GPS hnit á þeim til að hægt verði að endurtaka mælingarnar síðar (viðauki 2).

Lagt var 30 m málband eftir endilöngum sniðunum (mynd 5.3). Tilviljanatölur voru notaðar til þess að staðsetja tíu 50 x 50 cm ramma á hverju sniði, eða samtals 40 ramma. Rammarnir voru alltaf lagðir sunnan við málbandið. Römmunum var skipt með böndum upp í hundrað 5 x 5 cm smáreiti (mynd 5.4) og var skráð tíðni hraungambra, melagambra/hærugambra (*R. ericoides*/*R. canescens*), haddmosa/höttmosa (*Polytrichum* sp./*Pogonatum* sp.) og annarra mosa í smáreitunum. Miðað var við græna sprota og voru úttektirnar gerðar í röku veðri þannig að sprotarnir væru vel sýnilegir. Einnig var þekja mosanna í hverjum ramma metin með eftirfarandi þekjukvarða; x: 1-2 sprotar, óveruleg þekja; 1: <1%; 2: 1-5%; 3: 6-10%; 4: 11-15%; 5: 16-25%; 6: 26-50%; 7: 51-75% og 8: 76-100% þekja. Við úrvinnslu á þekjumælingum var miðgildi hvers þekjubils notað til að reikna út meðalþekju. Mælingarnar voru gerðar 3. og 21. september 2009.



Mynd 5.3. Horft niður eftir 2. sniði á Gígahnúk, september 2009.



Mynd 5.4. Tíðnimælingar og þekjumat var gert með 50 x 50 cm mæliramma sem skipt var upp í hundrað 5 x 5 cm smáreiti. Tíðnimælingin sýnir hlutfall smáreita sem grænir sprotar af viðkomandi mosategund fundust í.

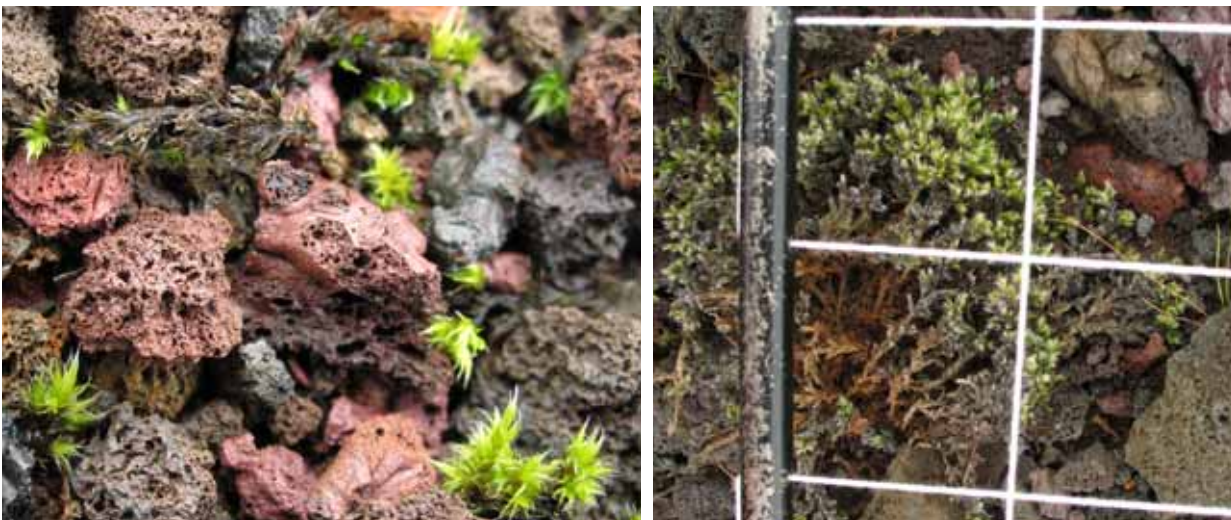
Niðurstöður og umræður

Lifandi mosasprotar fundust í öllum mælirömmum. Tíðni lifandi mosa í 5 x 5 cm smáreitum innan hvers ramma var þó afar breytileg (tafla 5.1). Meðaltíðni hraungambra var 35% sem þýðir að lifandi brot af þessari tegund fundust í rúmlega þriðjungi smáreita innan hvers ramma. Tíðni í einstökum römmum var þó mjög breytileg – frá 5% og upp í 83% – sem endurspeglar líklega ójafna dreifingu á mosanum um svæðið. Tíðni annarra tegunda en hraungambra var í flestum tilfellum óveruleg en þar var einkum um að ræða mela-/hærugambra, hadd-/höttmosa og móasigð (*Sanionia uncinata*). Ekki tókst að greina a.m.k. tvær mosategundir er fundust í römmunum bæði tíðni þeirra og þekja voru óverulegar (tafla 5.1). Hraungambriinn var meginuppistaðan í gróðurþekju rammanna og var meðalþekja hans 3%. Tíðni og þekja mosanna var að jafnaði mest í sniðum 1 og 4, þ.e. við brekkuræturnar og uppi á Gígahnúknum.

Hraungambriinn virtist yfirleitt hafa vaxið upp af mosagreinum sem dreift var haustið áður (mynd 5.5). Þetta er í samræmi við ályktanir Tallis (1959) og nýlegar niðurstöður Magneu Magnúsdóttur (2010), sem fann góða lifun og virkni hjá heilum greinum af hraungambra og bútum af efstu hlutum þeirra. Melagambriinn virtist einnig oftast hafa vaxið upp af greinum eða greinabútum (mynd 5.6). Nokkur dæmi fundust um mosasprotu, sem ekki var hægt að sjá að væru að vaxa upp af eldri sprotum. Þær plöntur gætu hafa vaxið upp af gróum.

Á stöku stað fundust merki um dauða mosasprotu (mynd 5.7). Þeir voru þó ekki útbreiddir, sem bendir til góðrar lifunar á mosanum sem dreift var.

Þekja hraungambra á Gígahnúk var enn lítil haustið 2009 en tíðni hans var hins vegar umtalsverð. Þó hraungambriinn geti numið land á nýju yfirborði innan fárra ára (Cutler 2008b) er ólíklegt að hann hafi getað borist í svo miklum mæli af sjálfsdáðum yfir á raskaða svæðið á rúmu ári. Því má gera ráð fyrir að verulegur hluti af lifandi sprotum gamburmosa sem skráðir voru í úttektinni hafi borist á svæðið við mosadreifinguna.



Mynd 5.5. Lifandi mosasprotar fundust í öllum mælirömmum á Gígahnúk. Vinstri myndin sýnir sprota hraungambra er vaxið höfðu upp af mosabrotum. Hægri myndin sýnir litla hraungambriatorfu sem hafði lifað flutninginn af (september 2009).

Tafla 5.1. Þekja og tíðni mosa á úttektarsniðum á Gígahnúk haustið 2009. Tíðni var mæld í hundrað 5 x 5 cm smáreitum innan hvers 50 x 50 cm ramma, alls tíu römmum á hverju sniði. Sýnd eru meðalþekja og tíðni hraungambra og melagambra á hverju sniði en aðeins tíðni annarra mosa.

Snið	Hraungambri				Mela-/hærugambri		Hadd-/höttmosi	Aðrir mosar
	% þekja meðaltal	% tíðni			% þekja meðalta 	% tíðni meðalta 	% tíðni meðaltal	% tíðni meðaltal
		meðaltal	minnst	mest				
1	4	44	13	83	<0,1	0,4	0,2	0,1
2	3	28	6	57	<0,1	0,4	0	0
3	2	25	5	49	<0,1	2,8	0,9	1,4
4	3	41	27	63	<0,1	0,1	0,4	0
Meðaltal	3	35			—	0,9	0,4	0,4
Staðal-skekkja	0,4	3				0,4	0,1	0,3

Úttektin á Gígahnúk náði ekki yfir samanburðarsvæði án mosadreifingar og því getum við ekki sagt til um hversu mikið mosadreifingin kemur til með að flýta landnámi gamburmosa á Gígahnúk. Niðurstöður okkar benda þó til þess að mosadreifingin hafi heppnast ágætlega að því leiti að mikið var til staðar af lifandi mosasprotum sem virtust komnir frá henni. Tilraunir með uppgræðslu vegfláa á Hellisheiði hafa sýnt að dreifing svarðlags með mosabrotum og dreifing fræ- og mosaslægju hefur flýtt landnámi mosategunda miðað við viðmiðunarreiti án svarðlags (sjá 2. og 3. kafla). Búast má við að mosadreifingin á Gígahnúki geti haft sambærileg áhrif. Áframhaldandi úttektir munu leiða í ljós hver þróun gróðurþekjunnar verður þar.



Mynd 5.6. Sprotar af melagambra á Gígahnúk í september 2009.



Mynd 5.7. Á stöku stað fundust dauðir sprotar hraungambra í mælireitunum á Gígahnúki en þeir voru ekki algengir (september 2009).

Heimildir

Cutler, N.A., L.R. Belyea & A.J. Dugmore 2008a. The spatiotemporal dynamics of a primary succession. *Journal of Ecology* 96: 231-246.

Cutler, N.A., L.R. Belyea & A.J. Dugmore 2008b. Spatial patterns of microsite colonisation on two young lava flows on Mount Hekla, Iceland. *Journal of Vegetation Science* 19: 277-286.

Eygló Gísladóttir 1996. Mosaframvinda í vegaraski í hrauni. B.Sc. ritgerð, Líffræðiskor, Háskóli Íslands, 26 bls.

Eyþór Einarsson 2005. Flóra og gróður Íslands. Í: ÍSLANDSATLAS (ritstj. inngangskafli Ólöf Eldjárn). Edda útgáfa, Reykjavík 2005, bls. 18-23.

Magnea Magnúsdóttir 2010. Leiðir til að fjölga mosum, einkum hraungambra (*Racomitrium lanuginosum*). B.S. ritgerð við Umhverfiseild Landbúnaðarháskóla Íslands, 29 bls.

Orkuveita Reykjavíkur 2008. Endurgerð Gígahnúks. Orkan. Fréttabréf Orkuveitu Reykjavíkur 8(4), bls. 5. http://www.or.is/media/PDF/ORK_44473_Orkan_4tbl2008_lokaprofork.pdf

Rannveig Thoroddsen 2002. Flóra og gróður á völdum stöðum á Hellisheiði og Hengilssvæði. Líffræðistofnun háskólans. Fjölrit nr. 62, 41 bls.

Tallis, J.H. 1959. Studies in the biology and ecology of *Racomitrium lanuginosum* Brid.: II. growth, reproduction and physiology. *Journal of Ecology* 47: 325-350.

Viðaukar

Tafla 1. Fjöldi smáplantna (yfirleitt kímplantna) á fermeter (m^2) í viðtökureitum og viðmiðunarreitum í fræslægju tilraun við Kolviðarhól á Hellisheiði í ágúst 2008 ($n=15$). Fræslægju dreift árið áður þ.e. 16.ágúst 2007 eða 29.ágúst 2007 (sjá töflu).

Háplöntutegundir	Viðmiðunarreitir				Fræslægju dreift 16.ágúst 2007				Fræslægju dreift 29.ágúst 2007				Marktækni*
	Meðal-fjöldi	SE	Lægsta - hæsta gildi	Mið-gildi	Meðal-fjöldi	SE	Lægsta - hæsta gildi	Mið-gildi	Meðal-fjöldi	SE	Lægsta - hæsta gildi	Mið-gildi	
Língresi (<i>Agrostis</i> sp.)	3	1.7	0 - 16	0	18	6.8	0 - 80	0	9	3.1	0 - 32	0	0.07
Kornsúra (<i>Bistorta vivipara</i>)	0	0	0	0	16	9.1	0 - 128	0	173	99.7	0 - 1344	0	0.048
Vegarfi (<i>Cerastium fontanum</i>)	1	1.1	0 - 16	0	5	2.5	0	0	13	5	0 - 64	0	0.46
Vingull (<i>Festuca</i> sp.)	14	3.4	0 - 48	16	62	16.1	0 - 256	48	186	25.7	32 - 320	240	0.009
Hvítmaðra (<i>Galium normanii</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.1	0 - 16	0	0.36
Hæra (<i>Luzula</i> sp.)	1	1.1	0 - 16	0	22	6	0 - 80	16	130	60.5	0 - 816	32	0.019
Mýrfjóla (<i>Viola palustris</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2.5	0 - 32	0	0.37

* feitletruð p-gildi tákna marktækan mun milli tilraunameðferða

Tafla 2. Fjöldi smáplantna (yfirleitt kímplantna) á fermeter (m^2) í viðtökureitum og viðmiðunarreitum við Kolviðarhól í ágúst 2009 ($n=15$). Fræslægju dreift árið áður þann 15.september 2008.

Háplöntutegundir	Viðmiðunarreitir				Fræslægju dreift 15. september 2008				Marktækni*
	Meðal-fjöldi	SE	Lægsta - hæsta gildi	Mið-gildi	Meðal-fjöldi	SE	Lægsta - hæsta gildi	Mið-gildi	
Língresi (<i>Agrostis</i> sp.)	2	1.5	0 - 16	0	6	2.6	0 - 32	0	0.12
Kornsúra (<i>Bistorta vivipara</i>)	0	0	0	0	1	1.1	0 - 16	0	0.32
Vegarfi (<i>Cerastium fontanum</i>)	3	2.3	0 - 32	0	29	7.7	0 - 112	16	0.012
Snarrótarpuntur (<i>Deschampsia caespitosa</i>)	0	0	0	0	3	2.3	0 - 32	0	0.32
Vingull (<i>Festuca</i> sp.)	18	5.4	0 - 48	16	79	25.2	0 - 384	48	0.021
Maðra (<i>Galium</i> sp.)	0	0	0	0	6	2.6	0 - 32	0	0.14
Hæra (<i>Luzula</i> sp.)	1	1.1	0 - 16	0	4	3.3	0 - 48	0	0.44

* feitletruð p-gildi tákna marktækan mun milli tilraunameðferða

Tafla 3. Fjöldi smáplantna (yfirleitt kímplantna) á fermeter (m^2) í viðtökureitum og viðmiðunarreitum sunnan Skarðsmýrarfjalls á Helligheiði í ágúst 2008 ($n=6$). Fræslægju dreift árið áður þ.e. 16.ágúst 2007 eða 29.ágúst 2007 (sjá töflu).

Háplöntutegundir	Viðmiðunarreitir				Fræslægju dreift 16.ágúst 2007				Fræslægju dreift 29.ágúst 2007			
	Meðal- fjöldi	SE	Lægsta - hæsta gildi	Mið- gildi	Meðal- fjöldi	SE	Lægsta - hæsta gildi	Mið- gildi	Meðal- fjöldi	SE	Lægsta - hæsta gildi	Mið- gildi
Língresi (<i>Agrostis</i> sp.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ljónslappi (<i>Alchemilla alpina</i>)	3	2.7	0 - 16	0	16	10.9	0 - 64	0	3	2.7	0 - 16	0
Kornsúra (<i>Bistorta vivipara</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0	21	11.4	0 - 64	8
Krækilyng (<i>Empetrum nigrum</i>)	0	0	0	0	3	2.7	0 - 16	0	0	0	0	0
Vingull (<i>Festuca</i> sp.)	0	0	0	0	0	0	0	0	16	10.1	0 - 64	8
Hæra (<i>Luzula</i> sp.)	3	2.7	0 - 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lambagras (<i>Silene acaulis</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tafla 4. Fjöldi smáplantna (yfirleitt kímplantna) á fermeter (m^2) í viðtökureitum og viðmiðunarreitum sunnan Skarðsmýrarfjalls á Helligheiði í ágúst 2009 ($n=6$). Fræslægju dreift tveimur árum áður þ.e. 16.ágúst 2007 eða 29.ágúst 2007 (sjá töflu).

Háplöntutegundir	Viðmiðunarreitir				Fræslægju dreift 16.ágúst 2007				Fræslægju dreift 29.ágúst 2007			
	Meðal- fjöldi	SE	Lægsta - hæsta gildi	Mið- gildi	Meðal- fjöldi	SE	Lægsta - hæsta gildi	Mið- gildi	Meðal- fjöldi	SE	Lægsta - hæsta gildi	Mið- gildi
Língresi (<i>Agrostis</i> sp.)	0	0	0	0	0	0	0	0	11	10.7	0 - 64	0
Ljónslappi (<i>Alchemilla alpina</i>)	0	0	0	0	11	7.9	0 - 48	0	29	12.7	0 - 80	24
Kornsúra (<i>Bistorta vivipara</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krækilyng (<i>Empetrum nigrum</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vingull (<i>Festuca</i> sp.)	3	2.7	0 - 16	0	3	2.7	0 - 16	0	29	17.7	0 - 112	16
Hæra (<i>Luzula</i> sp.)	3	2.7	0 - 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lambagras (<i>Silene acaulis</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2.7	0 - 16	0

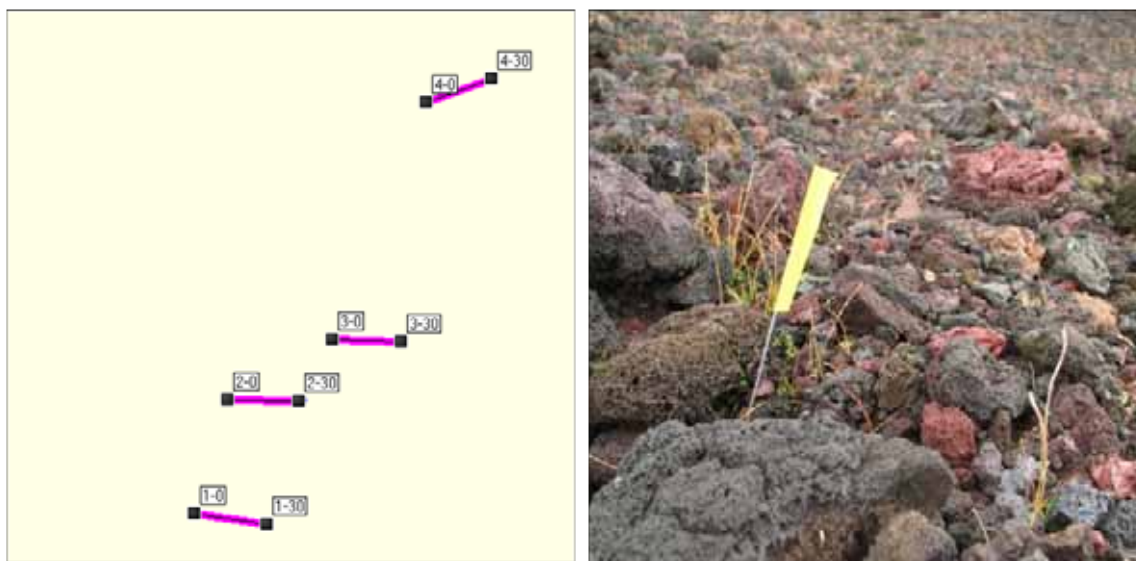
Viðauki 2

Staðsetning mælisniða til mælinga á árangri af dreifingu gamburmosa á raskað land á Gígahnúk á Hellisheiði (5. kafli).

Tafla 1. GPS hnit fyrir upphafs- og endapunkta sniðanna (0 m og 30 m). Einnig er sýnd staðsetning einstakra ramma (m) á sniðunum. Rammarnir voru alla jafna lagðir sunnan (neðan) við málbandið og var miðað við að efra horn rammans, vinstra megin, næmi við viðkomandi staðsetningu á málbandinu.

Snið	Lengdar- og breiddargráður (hddd°mm′ss.s″)		Rammarnir voru lagðir út á eftirfarandi stöðum (m) á sniðunum
	0 m	30 m	
1	N64 01 39.8 W21 22 05.6	N64 01 39.7 W21 22 03.3	2, 4, 11, 12*, 13, 21, 22, 24, 25, 29
2	N64 01 41.4 W21 22 04.5	N64 01 41.3 W21 22 02.3	6, 8, 11, 12, 14, 15, 18, 19, 22, 27
3	N64 01 42.2 W21 22 01.3	N64 01 42.2 W21 21 59.2	0, 2, 4, 5, 10, 14, 16, 22, 27, 28, 29
4	N64 01 45.4 W21 21 58.4	N64 01 45.8 W21 21 56.3	3, 9, 11, 15, 16, 18, 20, 21, 23, 27

* Rammi lagður norðan (ofan) við sniðið.



Mynd 1. Vinstri myndin sýnir upphafs- og endapunktur úttektarsniðanna á Gígahnúk. Göngustígurinn upp á hnjúkinn er 10-30 m vestan megin við sniðin. Snið 4 er uppi á hnúknunum. Hægri myndin sýnir hvernig endar sniðanna voru merktir með vírflöggum.