



Vöktun á grunnvatni, gróðri og strönd við Blöndulón Lokaskýrsla 1993–2009

**Borghór Magnússon, Olga Kolbrún Vilmundardóttir
og Victor Helgason**

Unnið fyrir Landsvirkjun



Vöktun á grunnvatni, gróðri og strönd við Blöndulón Lokaskýrsla 1993–2009

**Borgþór Magnússon, Olga Kolbrún Vilmundardóttir
og Víctor Helgason**

Unnið fyrir Landsvirkjun (LV-2009/120)

NÍ-09017


Reykjavík, desember 2009



NÁTTÚRUFRÆÐISTOFNUN ÍSLANDS

Mynd á kápu: Frá vesturströnd Blöndulóns. Ljós. Borgþór Magnússon, 24. ágúst 2006.

ISSN 1670-0120

	Hlemmi 3 105 Reykjavík Sími 590 0500 Fax 590 0595 http://www.ni.is ni@ni.is	Borgum við Norðurslóð 602 Akureyri Sími 460 0500 Fax 460 0501 http://www.ni.is nia@ni.is
Skýrsla nr. NÍ-09017	Dags, Mán, Ár Desember 2009	Dreifing <input checked="" type="checkbox"/> Opin Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill Vöktun á grunnvatni, gróðri og strönd við Blöndulón. Lokaskýrsla 1993–2009.		Upplag 40 Fjöldi síðna 116
Höfundar Borgþór Magnússon, Olga Kolbrún Vilmundardóttir og Victor Helgason		Verknúmer NÍ/VFR 2006–01 Málsnúmer 2003060015
Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/120		
Samvinnuaðilar Landsvirkjun, Háskóli Íslands		
Útdráttur <p>Árið 1993 voru hafnar rannsóknir fyrir Landsvirkjun á áhrifum nýmyndaðs Blöndulóns á grunnvatnsstöðu við lónið, gróður á landi upp af strönd og strandmyndun. Sett voru upp þrjú mælisnið við lónið sem fjölgað var í sex við stækkun þess árið 1996. Á sniðunum voru gerðar reglubundar mælingar á grunnvatnsstöðu yfir sumarið og gróður var mældur með nokkurra ára bili. Jafnframt var fylgst með mótun strandar við sniðin, rofi úr bökkum og upphleðslu efnis. Árið 2004 voru til viðbótar sett upp 15 ný mælisnið til að fá betri mynd af mótun strandar og rofi úr bökkum. Jafnframt hefur hin síðari ár verið lögð aukin áhersla á að kortleggja sandfok úr fjörum lónsins og rannsaka áhrif sandsins á gróður. Í sandfláka við norðanvert lónið var fylgst með framvindu gróðurs og gerð tilraun með áburðardreifingu til styrkingar gróðri.</p> <p>Vatnsborð lónsins hefur mikil áhrif á grunnvatnsstöðu í jarðvegi upp af því og fylgir hún lónborðinu náíð. Við fyllingu lónsins að hausti blotnar land upp þar sem flatlent er. Eindregnar þurrlandistegundir drepast á mjóu beltí næst lóninu en áhrifin dvína mjög með vaxandi halla. Landnám votlendistegunda hefur verið lítið hin seinni ár eftir stækkun lónsins. Þá færðist fylling lónsins nær hausti og dró úr bakvatnsáhrifum á gróður.</p> <p>Öldurof er enn virkt úr bökkum lónsins og er það nátengt lónhæð og ríkjandi hvassviðrisáttum að hausti. Við rofið losnar fíngerður vikur í jarðvegi úr læðingi og berst inn á grynningar. Þar myndar hann set sem fokið hefur úr og upp á gróðurlendi þegar lágt er í lóninu að vorlagi. Stærstu sandflákarnir eru um 3 ha en samanlagt flatarmál þeirra var tæpir 30 ha árið 2009. Mosar, fléttur og smávaxnar háplöntur eru flestar viðkvæmar fyrir áfoki og hverfa úr gróðri við 2,5–5 cm þykkann sand og fáar tegundir aðrar en fjalldrapi og grös þola yfir 10 cm þykkann sand. Þolmörk mólendisgróðurs á svæðinu eru talin liggja nærri þeirri sandþykkt. Með hóflegri áburðardreifingu má styrkja gróður og auka þol hans við áfoki.</p> <p>Í skýrslunni er lagt til að áfram verði fylgst árlega með strandrofi og áfoki úr fjörum lónsins en dregið verði úr öðrum rannsóknum. Jafnframt að hafin verði áburðardreifing á helstu áfokssvæði við lónið og árangur metinn af þeim.</p>		
Lykilorð Grunnvatn, strandmyndun, öldurof, sandfok, gróður, miðlunarlon, Blöndulón.	Yfirfarið SHM, MH	

YFIRLIT

Í skýrslunni er greint frá lokaniðurstöðum rannsókna sem stóðu yfir við Blöndulón árin 1993–2009. Vatni var í fyrsta sinn safnað í það sumarið 1991 en árið 1996 var yfirfall hækkað og náði lónið þá endanlegri stærð, 57 km². Í lónstæðinu og á landinu umhverfis var mólendi ríkjandi en einnig var þar talsvert votlendi í kvosum og nokkur melasvæði. Rannsóknirnar hafa verið unnar fyrir Landsvirkjun en meginmarkmið þeirra var að kanna: a) áhrif lónsins á grunnvatnsstöðu út frá því, b) hvernig gróður sem fyrir var við lónið brygðist við hækkun grunnvatnsstöðu og hvort nýjar tegundir næmu þar land, c) áhrif lónsins og öldugangs á strandmyndun, einkum rof úr bökkum og uppfok efnis úr fjörum, d) áhrif sandfoks á mólendisgróður við lónið. Jafnframt skyldi meta þörf fyrir mótvægisáðgerðir og gera tillögur um þær. Áður hafa komið út átta áfangaskýrslur um rannsóknirnar og árið 2009 birtust tvær greinar í fagtímaritum með hluta niðurstaðna.

Árin 1993 og 1994 voru lögð út þrjú mælisnið við lónið og var þeim fjölgað í sex við stækkun þess árið 1996. Sniðin voru 35–950 m löng og lágu um flatlendi, aflíðandi land og brekkuhalla. Fjögur þeirra voru í mólendi, eitt á mel og annað frá votlendi upp í mel sem græddur var upp á rannsóknatímabilinu. Gróður var mældur á sniðunum árin 1993–1994, 1996, 1999 og 2006. Grunnvatnsstaða var mæld handvirkir á sniðunum á hverju ári og á tveimur þeirra með sírítum árið um kring frá 2003. Fylgst var með strandmyndun niður af sniðunum og gerðar mælingar á öldurofi við bakka og útbreiðslu og þykkt sands sem fokið hafði á land. Árið 2004 voru settir upp til viðbótar 15 fastir mælistaðir umhverfis lónið þar sem rof úr bökkum var mælt einu sinni til tvisvar á ári. Einnig voru auknar athuganir á útbreiðslu og þykkt sandfoks upp frá fjörum lónsins og farið var með því öllu í fyrsta sinn sumarið 2007. Árið 2003 voru hafnar rannsóknir á áhrifum sandfoks á mólendisgróður í Sandvík við norðanvert lónið. Gróður var þar mældur í misþykkum sandi árið 2003 og aftur 2007. Þol plantna við sandi voru könnuð og gerð tilraun með áhrif áburðargjafar á viðnám gróðurs. Við úrvinnslu komu gögn frá sjálfvirkri veðurstöðinni Kolku við Blöndulón að miklum notum og einnig upplýsingar um hæð lónborðs sem mæld er með sírita í Blöndustíflu.

Þurrviðrasamt er á heiðunum við Blöndulón en meðalársúrkoma 1997–2008 var þar um 400 mm samkvæmt mælingum í Kolku. Meðalárshiti sama tímabils var 0,6 °C og voru árin 1997–2001 kaldari en árin þar á eftir að frátöldu árinu 2005. Árið 2003 var hlýjast en þá mældist meðalárshiti 1,7 °C, kaldast var 1998 er meðalárshiti mældist -0,3 °C. Fremur vindasamt er við Blöndulón og eru ríkjandi vindáttir af suðaustri. Hægir vindar ríkja jafnan að vori og yfir sumarið en þegar hvekkir á þeim tíma eru þurrar, suðlægar áttir algengastar. Mestu veður við lónið gerir yfirleitt að vetri en hvassvirði að sumri og hausti eru fremur tíð með vindhraða 20–30 m/sek.

Árin 1997–2009 nam sveifla á vatnsborði Blöndulóns að meðaltali 7,3 m yfir árið en árferði og rekstur virkjunarinnar hefur áhrif þar á. Á kaldari árunum 1997–2001 var niðurdráttur í lóninu um 10–12 m yfir veturinn en hann hefur verið mun minni eftir það, eða 5–9 m. Þessi breyting er einkum rakin til hlýnandi loftslags sem veldur m.a. tíðari hlákum að vetri. Vatnsborð lónsins er að jafnaði lægst í vetrarlok um miðjan apríl en hámarki og yfirfallshæð nær það í lok ágúst. Þegar yfirfall lónsins var lægra á fyrstu árum þess náði vatnsborð yfirfallshæð um þremur mánuðum fyrr.

Landi í nágrenni Blöndulóns hallar almennt til norðurs og leitar grunnvatn undan halla á leið til sjávar. Fyrir tilkomu lónsins hafa grunnvatnsstraumar að líkindum legið sunnan frá

Helgufelli og Sauðafelli til norðurs í átt að Kolkuflóa og Blönduvöðum. Með tilkomu lónsins myndaðist stöðuvatn sem breytti halla grunnvatnsstraumsins. Halli grunnvatnsborðs á svæði umhverfis lónið minnkaði og vatn steig nær yfirborði. Vatnsborð lónsins hefur því haft mikil áhrif á grunnvatnsstöðu í þurrlandi upp af því, einkanlega þar sem jökulárset er í jarðgrunni sunnan lóns. Þegar lónið nálgast yfirfallshæð í ágúst tekur land að blotna upp og sígur vatn með tímanum langt inn í land þar sem flatlent er og jarðlög gróf. Þegar lónið hefur verið á yfirfalli í nokkrar vikur að hausti gætir bakvatnsáhrifa á allt að 1000 m breiðu beltí þar sem flatlendast er sunnan við lónið og landhalli um 0,2%. Bakvatnsáhrif á þurrlandisgróður eru miðuð við að vatnsborð stígi um eða innan við 1 m frá yfirborði. Áhrifin deyfast mjög með vaxandi halla eru komin niður fyrir 200 m við 1% halla og 50 m við 3% halla. Þegar kemur upp í 6–7 % halla gætir bakvatnsáhrifa ekki. Eftir stækkun lónsins gætir bakvatnsáhrifa ekki fyrir en að hausti. Þegar lækka tekur í lóninu að áliðnu hausti fylgir grunnvatnsstaða í jarðvegi næst lóni eftir og færast nær náttúrulegum grunnvatnsstraumum yfir veturinn.

Á mjóu beltí (<50 m á flatlandi) sem forblotnar næst lóninu hafa orðið miklar breytingar á gróðri. Þar hefur tegundum fækkað og eindregnar þurrlandistegundir horfið eða látið undan síga. Fléttur reyndust viðkvæmastar fyrir blotnun og ýmsar aðrar plöntur sem einkenna þurra móa og mela. Þeirra helstar eru tvíkímblöðungarnir blóðberg, geldingahnappur, hvítmaðra, lambagras, ljósberi, melablóm, músareyra og túnsúra, og einkímblöðgarnir axhæra, móasef og þursaskegg. Flestar aðrar tegundir verða fyrir skakkaföllum þar sem land forblotnar en lifa þó af. Margar þeirra eru tegundir sem finnast bæði í þurrlandi og deiglendi og eru fjalldrapi, krækilyng, grasvíðir, kornsúra, brjóstagras, stinnastör, túnvingull og mosinn hraungambri dæmi um það. Þessar tegundir hafa lítið látið undan síga þegar kemur upp fyrir forblauta beltíð, þær þrífast áfram þótt einhverra bakvatnsáhrifa gæti og heldur gróðurinn þar fyrra svipmóti sínu. Á fyrstu árum lónsins, þegar fylling þess varð fyrrihluta sumars, varð vart við landnám votlendistegunda í mólendi sem blotnaði upp. Fyrstu landnemar voru klóffífa og flagasef. Eftir stækkun lónsins hefur að mestu tekið fyrir landnám votlendistegunda á landi sem blotnar upp og er það rakið til þess að fylling þess verður ekki fyrir en í loks sumars þegar plöntur eru að ljúka vexti. Hin síðari ár eru það aðeins skammlífar, smávaxnar deiglendistegundir, einkum flagahnoðri og naflagras, sem sýna merki um landnám í bleytuflögum og á rökum melum en hlutdeild þeirra í gróðri er óveruleg. Samanburður byggður á fjölbreytugreiningu á gróðurfari reita sem mældir voru 1996, 1999 og 2006 gaf til kynna að breytingar hefðu aðeins orðið í reitum næst lóninu sem höfðu forblotnað eða þar sem uppgræðsla á melum hafði farið fram fjær lóninu. Í bleytureitum hafði dregið úr fjölbreytni gróðurs en hún hafði hins vegar aukist á uppgræddu landi.

Strandmyndun við lónið ræðst einkum af landhalla, gerð jarðgrunnslaga og hversu opin ströndin er á móti lóninu og ríkjandi vindáttum sem af því standa að sumri og hausti. Fyrstu árin eftir myndun lónsins var landbrot örast úr bökkum við norðan- og vestanvert lónið sem endurspegladi hátt uppsafnað ölduálag, langt aðdrag og tíða storma úr suðri og suðaustri að hausti þegar lónborð er við yfirfall. Jökulruðningur er þar ríkjandi undir jarðvegi. Bakkar rofnuðu að haustlagi, einkum þar sem halli var talsverður (>5%) og mynduðust þar fljótt háir rofbakkar. Við suðaustanvert lónið þar sem jökulárset er ríkjandi hefur rof viðhaldist þrátt fyrir lítinn landhalla og er það rakið til takmarkaðrar samloðunar í setinu sem veitir öldu litla mótstöðu. Á rofsniði í Sandvík við norðanvert lónið sem mælt var árlega tímabilið 1997–2009 nam meðalrof úr bakka 0,54 m á ári, en rofið var 0–2,72 m eftir árum. Á þeim 16 sniðum sem mæld voru árlega 2004–2009 mældist meðalrof úr bökkum 0,66 m á ári, og var það 0,24–1,99 m að meðaltali á ári eftir sniðum. Mesta rof sem mældist yfir árið á stöku sniði á þessu tímabili var 6,20 m og var það við suðaustanvert lónið á fremur hallalitlu landi þar sem jökulárset er undir jarðvegi. Flest ár mældist eitthvert rof úr bökkum og var það mest vegna öldurofs að hausti en lítilsháttar vegna áhrifa frosts og þíðu að vori sem losar um

jarðveg í bökkum. Meginrof úr bökkum varð hins vegar við öldurof í atburðum með nokkura ára bili þegar saman fór mjög há lónstaða og stórviðri að hausti, einkanlega árin 1997, 2002 og 2008. Svo virðist sem ekki hafi dregið úr slíku rofi því árið 2008 mældist mesta rof frá upphafi mælinga. Meðalrof nam þá 1,55 m yfir árið og 0,1–6,0 m á einstökum sniðum. Rof þetta er rakið til SSA hvassviðris sem gerði 17. september en 10 mín vindhraði fór þá í 31,5 m sek⁻¹ og 40,8 m sek⁻¹ í hviðum. Vatnsborð lónsins var þá 20 cm yfir yfirfallsfæð sem er við hæstu mældu flóðmörk þess. Þetta bendir til að rof úr bökkum sé ekki gengið yfir en mælingar undanfarinna ára þóttu benda til að því væri að linna. Áfram má vænta rofs með nokkurra ára bili þegar saman fara mjög há lónstaða á yfirfalli og stórviðri. Áætlað er að a.m.k. 40 ha (0,4 km²) lands hafi rofnað úr bökkum meðfram lóninu frá árinu 1996.

Í kjölfar stækkunar lónsins árið 1996 tók sandfok úr fjörum upp á gróðurlendi að gera vart við sig, fyrst árið 1998. Flest ár hefur eitthvert sandfok orðið úr fjörum og mest í þurrum árum þegar lágt er í lóninu fram eftir sumri. Sandurinn er að mestu ljós, fínkorna vikur sem er í jarðvegi á svæðinu og losnar úr læðingi við öldurof úr bökkum og á grynningum í lónstæðinu. Sandurinn berst fyrir öldruhreyfingum og straumum inn á lygnar vikur og voga þar sem hann myndar setbunka sem eru aðaluppspretta foksins. Fok hefur orðið í hvössum þurrviðrum sem gert hefur fyrrihluta sumars af sunnan, austan og vestan með vindhraða um eða yfir 20 m sek⁻¹. Ofast hefur fokið upp undan suðlægum áttum og hefur endurtekið sandfok orðið upp úr vikum við norðan og vestanvert lónið. Í stöku vestan og austan veðrum hefur sandur einnig fokið upp á austur- og vesturströnd lónsins, síðast sumarið 2009. Yfir 40 sandflákar hafa verið kortlagðir við lónið frá árinu 1998 og voru þeir 0,02–2,85 ha að flatarmáli. Tíu þeirra voru yfir 1 ha að stærð. Haustið 2009 nam samanlagt flatarmál sandfláka við lónið um 29 ha (0,29 km²). Sandur er að jafnaði þykkastur upp af strönd þar sem hann safnast mest í lægðir milli þúfna og við fjalldrapabruska. Er ofar dregur þynnist hann uns merki um hann hverfa, einhverja tugi eða 100–200 m ofan strandar. Meðalsandþykkt í sandflákum mældist um 5 cm en mesta þykkt var 80 cm í lægð. Áætlað er að um 15.000 m³ af sandi hafi fokið upp úr fjörum og inn á gróðurlendi við lónið frá árinu 1998.

Sandur sem fýkur upp hefur áhrif á gróður sem hann stöðvast í. Rannsóknir á gróðri í sandfláka í Sandvík frá árinu 2000 leiddu í ljós að tegundum fækkaði og gróðurþekja minnkaði með aukinni sandþykkt. Lágplöntur hurfu úr þekju við 2,5–5 cm þykkann foksand, flestar blómjurtir, smárunnar og hálfgrös hurfu úr þekju við 5–10 cm sandþykkt en runnar og grös stóðust svo þykkann sand eða juku þekju sína. Afar fáar tegundir þoldu 10 cm þykkann sand. Þolmörk mólendisgróðurs á svæðinu eru talin liggja nærri þeirri sandþykkt. Í þeim hluta sandflákans þar sem áburði var dreift árin 2004–2007 jókst gróðurþekja óháð sandþykkt og tegundum fjölgaði lítillega. Grös urðu þar ríkjandi í þekju, einkum túnvingull. Áburðardreifing styrkir gróðurþekju og getur því nýst sem mótvægisáðgerð gegn gróðureyðingu á sandfokssvæðum við lónið. Þess er að vænta að sandfok af þessu tagi verði áfram upp frá lóninu næstu árin eða áratugina á meðan laus sandur er þar á hreyfingu og myndar set á vikum. Ekki hefur hlotist verulegur skaði af sandfokinu enn sem komið er en full ástæða er til að hafa áfram með því vakandi auga og grípa til aðgerða gerist þess þörf.

Við Blöndulón hefur ítarlegar verið fylgst með grunnvatnsbreytingum, framvindu gróðurs og strandmyndun en áður hefur verið gert við nýmynduð lón hér á landi. Rannsóknirnar hafa varpað ljósi á þróun fyrstu áratugina og sýnt að henni er hvergi lokið, einkanlega hvað varðar mótun strandar og sandfok upp frá lóninu. Aðstæður til rannsókna við Blöndulón eru mjög góðar, auðvelt aðgengi að lóninu og stöðugar veðurmælingar fara þar fram. Í lok skýrslunnar eru gerðar tillögur um framhald rannsókna og mótvægisáðgerðir vegna sandfoks úr fjörum.

EFNISYFIRLIT

YFIRLIT	4
EFNISYFIRLIT	7
1 INNGANGUR	9
2 RANNSÓKNASVÆÐI	12
2.1 Veðurmælingar við Blöndulón	12
2.2 Vatnshæð Blöndulóns	14
2.3 Rannsóknir við Blöndulón	15
3 GRUNNVATN	16
3.2 Jarðvegsgerð við sniðin	17
3.3 Landhali og lega grunnvatns fyrir tilkomu Blöndulóns	18
3.4 Grunnvatn við Blöndulón	18
4 GRÓÐURFRAMVINDA	23
4.1 Aðferðir	23
4.2 Úrvinnsla	26
4.3 Niðurstöður gróðurmælinga	26
4.3.1 Breytingar á gróðurþekju, fjölda og tíðni tegunda á sniðum	26
4.3.2 Gróðurbreytingar metnar með fjölbreytugreiningu	36
4.3.3 Fjölbreytni gróðurs	39
4.3.4 Megindrættir í gróðurbreytingum og samanburður við aðrar rannsóknir	39
5 ÖLDUROF OG SANDFOK	54
5.1 Aðferðir	54
5.2 Niðurstöður	54
5.2.1 Gerð bakka	54
5.2.2 Sveiflur í ölduálagi	56
5.2.3 Rofhraði	57
5.2.4 Dreifing fokefnis upp frá strönd	59
5.3 Umræður	62
5.3.1 Öldurof fyrstu árin eftir stækkun lóns	62
5.3.2 Öldurof dregst á langinn	62
5.3.3 Aðrir rofferlar	63
5.3.4 Sandfok úr fjörum	63
5.3.5 Ályktanir	64
5.4 Athuganir ársins 2009	65
5.4.1 Öldurof 2008	65
5.4.2 Kortlagning á sandfoki 2009	67
6 GRÓÐURFRAMVINDA Í FOKSANDI	72
6.1 Aðferðir	72
6.1.1 Gagnasöfnun	72
6.1.2 Úrvinnsla	74
6.2 Niðurstöður	75
6.2.1 Sandþykkt og breytingar milli ára	75
6.2.2 Gróðurbreytingar	76
6.2.3 Áhrif sandþykktar á gróðurfarsbreytileika	76
6.2.4 Áhrif sandþykktar á gróðurþekju og tegundafjölda	81
6.2.5 Áhrif sandþykktar á tegundir	82

6.3 Umræður	83
6.3.1 Virkt vindrof við strendur Blöndulóns	83
6.3.2 Áhrif sandfoks á gróður	83
6.3.3 Áhrif áburðar	86
6.3.4 Möguleiki til mótvægisáðgerða	87
6.3.5 Lokaorð	87
7 FRAMHALD RANNSÓKNA OG TILLÖGUR UM MÓTVÆGISÁÐGERÐIR VEGNA SANDFOKS	88
8 ÞAKKIR	88
9 HEIMILDIR	89
10 VIÐAUKAR	94
1. viðauki. Grunnvatnsstaða, handmælingar í október árið 2007.	94
2. viðauki. Grunnvatnsstaða, síritamælingar árin 2003–2008.	95
3. Viðauki. Plöntutegundir og tíðni í reitum	108
4. Viðauki. Titilsíður ritrýndra greina úr verkefninu	115

1 INNGANGUR

Blöndulón var myndað sumarið 1991 þegar vatni var safnað í það í fyrsta sinn. Það var stækkað árið 1996 þegar yfirfallshæð var hækkuð í 478 m y.s. en áður var hún 474,3 m. Lónið þekur nú 57 km² þegar vatnsborð er í yfirfallshæð. Frá árinu 1993 hafa staðið yfir samfelldar rannsóknir á áhrifum lónsins á umhverfið. Vöktunin hefur beinst að grunnvatnsbreytingum við lónið, gróðurframvindu, strandmyndun og áfoki úr fjörum. Niðurstöður hafa verið birtar í átta skýrslum og í MS ritgerð í landfræði þar sem ritaðar voru tvær greinar til birtingar í fagtímaritum (Borgþór Magnússon 1995, Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1997, Borgþór Magnússon og Ásrún Elmarsdóttir 1999, Borgþór Magnússon 2003, Borgþór Magnússon o.fl. 2004, Borgþór Magnússon og Victor Helgason 2005, Borgþór Magnússon o.fl. 2006, Olga Kolbrún Vilmundardóttir o.fl. 2007, Olga Kolbrún Vilmundardóttir 2009).

Myndun miðlunarlóna hefur í för með sér margvíslegar umhverfisbreytingar. Miklar breytingar verða þar sem landi er sökkt undir vatn en jafnframt skapast nýjar aðstæður ofan efsta vatnsborðs þar sem virk landmótun á sér stað. Áhrif vatnsaflsvirkjana á vistkerfi ofan stíflumannvirkja hafa víða verið rannsökuð erlendis (t.d. Nilsson 1981, Nilsson og Berggren 2000). Hér á landi hafa staðið yfir rannsóknir á áhrifum vatnsmiðlunar á gróður á láglandi við Lagarfljót frá árinu 1976 (Eyþór Einarsson og Kristbjörn Egilsson 1985, Sigurður H. Magnússon o.fl. 1998, Sigurður H. Magnússon og Kristbjörn Egilsson 2008) og einnig á gróðurbreytingum við Kvíslaveitur (Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1994). Við nýmyndun lóna verða miklar breytingar þar sem þurrlandi fer undir vatn og búsvæði í dalbotnum tapast. Á norðurslóðum eru bestu lífskilyrðin yfirleitt í lægðum og dölum sem jafnframt mynda bestu lónstæðin. Þar sem stór lón eru mynduð við slíkar aðstæður geta stofnar plöntutegunda og dýra farið forgörðum (Nilsson og Berggren 2000).

Á strandsvæðum (e. *riparian zone*) vatna og straumvatna eru fjölbreytt vistkerfi sem eru eins konar umskiptabelti (e. *transition zone*) á milli þurrlandis- og vatnavistkerfa. Slík svæði geta verið misbreið, frá nokkrum metrum meðfram straumvötnum og upp í marga kílómetra á flóðsléttum. Svæðið afmarkast af hæsta og lægsta vatnsborði en nær einnig til þess svæðis ofan hæsta vatnsborðs sem verður fyrir áhrifum af hækkuðu vatnsborði (Nilsson og Svedmark 2002). Við óbeisluð vötn er fjölbreytni strandsvæða mikil og eru þau lykilvistkerfi sem varðveita líffræðilega fjölbreytni. Vegna virkjana og annarra mannglegra umsvifa á vatnasviðum hefur gengið á þessu svæði um allan heim (Braatne o.fl. 2008, Renöfält o.fl. 2009).

Við myndun uppistöðulóna verður breyting á grunnvatnsstöðu umhverfis þau sem leitar jafnvægis við grunnvatnsstrauma sem fyrir voru. Breidd áhrifasvæðis og hvenær áhrif verða ræðst m.a. af þéttleika jarðvegs og jarðgrunnslaga, halla lands, árssveiflu í lónborði og tímasetningu tiltekinna vatnsborðshæða yfir árið (Medovar og Akhmetjeva 1984, Winter o.fl. 2002). Áhrif af breyttri grunnvatnsstöðu eru að jafnaði mest næst lóni, á landi þar sem halli er lítill og á svæðum þar sem jarðvegur eða jarðgrunnslög eru gróf og gegndræp. Breidd áhrifasvæðis getur verið umtalsverð (>1 km) þar sem aðstæður leyfa. Á því svæði þar sem jarðvegur blotnar upp verða plöntur og aðrar lífverur fyrir áhrifum, yfirleitt hamlandi næst lóni en jafnvel örvandi er fjær dregur á þurrum svæðum (Medovar og Akhmetjeva 1984).

Grunnvatnsstaða hefur mikil áhrif á búsvæði plantna við strandsvæði miðlunarlóna. Fyrstu áhrif breyttrar grunnvatnsstöðu á plöntur verða á rætur þeirra en vatnsósa jarðvegur leiðir til skemmda á rótum vegna súrefnisskorts. Margar plöntutegundir eru aðlagðar súrefnisskortu í jarðvegi en aðrar hætta að vaxa og drepast við það að land forblotnar eða fer á kaf (Nilsson og Berggren 2000). Í stórum og grunnum miðlunarlónum geta strandsvæði verið mjög breið.

Framvinda gróðurs á nýju strandsvæði ræðst af samspili milli rofs og setmyndunar, brotthvarfi og landnámi tegunda, og lengd, árstíma og tíðni tiltekinna vatnsborðshæða. Á norðurslóðum er ströndin milli hæsta og lægsta vatnsborðs yfirleitt lífvana þar sem ís og snjór þekur strendur þegar vatnsborð er lágt. Vatnsborð rís hratt þegar ísa leysir og breytir skilyrðum í fjörum. Fáar tegundir eru aðlagðar slíkum aðstæðum (Nilsson og Berggren 2000). Helst eru það skammlífar tegundir sem þola þær en þær geta lokið lífsferlinum á stuttum tíma og verða þá einkennandi í gróðri (Nilsson 1981). Rannsóknir á gróðri á strandsvæðum í Svíþjóð sýna að fjölbreytni er lítil fyrstu árin eftir að lón myndast en síðan tekur við um 30 ára tímabil þar sem hún eykst (Nilsson o.fl. 1997). Fjölbreytni nær þó ekki þeirri sem er á strandsvæðum óbeislaðra vatna eða vatnsfalla. Eftir þetta tímabil vaxtar dregur aftur úr fjölbreytni og hún sækir aftur í það horf sem einkenndi fyrstu árin. Talið er að rof og tilflutningur á fínkorna efni á strönd og skertur aðflutningur fræja og plöntuhluta eigi þátt í þessu. Þekja gróðurs á strandsvæðum sýndi hins vegar ekki þessa tilhneigingu en hún var mun minni en við óbeisluð vötn (Nilsson og Berggren 2000). Þessar rannsóknir frá Svíþjóð hafa beinst að gróðurbreytingum neðan efsta vatnsborðs en við Blöndulón hafa rannsóknir aðallega beinst að breytingum ofan fjöruborðs. Þó er líklegt að um sömu grundvallarlögmál sé að ræða og gefi vísbendingar sem eiga við um framvindu við miðlunarlón hér á landi.

Einna sýnilegustu áhrif lóna á umhverfi sitt er landbrot með tilheyrandi rofi, setflutningi og setmyndun. Vindur knýr þessa ferla með því að búa til öldur sem flytja til efni og set upp frá ströndum (Lorang og Stanford 1993, Saint-Lorrain o.fl. 2001, Ekeboom o.fl. 2003, Joeckel og Diffendal 2004). Rannsóknir benda til þess að langur tími líði frá myndun lóns og þar til jafnvægi næst milli lands og vatns. Þróuninni hefur verið skipt í þrjú skeið: a) upphafs skeið, þegar landi er sökkt og mikil rotnun lífrænna leifa og losun efna á sér stað. Þetta getur leitt til tímabundinnar aukningar á vatnalífi og fiskistofnum og stendur í 3–5 ár; b) rofskeið, tekur við af upphafs skeiði en þá hægir á losun efna og rofferlar taka við og verða ráðandi í framvindu. Þetta skeið getur staðið í áratugi og jafnvel aldir; c) jafnvægisskeið, næst þegar hægir á rofferlum og stöðugleiki tekur að ríkja í umhverfi og lífríki (Vogt 1978). Í lónum með breytilegt vatnsborð tekur það lengri tíma fyrir jafnvægi að nást (Saint-Lorrain o.fl. 2001). Hraði landbrots ræðst af nokkrum þáttum: efnisgerð bakka, ölduálagi og flutningi rofefna meðfram eða frá strönd (Saint-Lorrain o.fl. 2001, Zimmer o.fl. 2004). Rofafl öldu er tengt ölduhæð, sem ræðst af vindhraða, lengd aðdrags (e. *catch length*) og hversu lengi hvassviðri standa. Öldur í stöðuvötnum eru fremur takmarkaðar af lengd aðdrags en lengd hvassviðris (Haslett 2000, Saint-Lorrain o.fl. 2001).

Áfok upp frá ströndum vatna er vel þekkt, bæði við náttúruleg og manngerð vötn. Einkum þar sem mikið set berst út í vötn og vatnsborð er breytilegt, s.s. Hagavatn og Sandvatn við sunnanverðan Langjökul og Kringlutjörn á Kasthvammsheiði í S-Þingeyjasýslu (Joeckel og Diffendal 2004, Gísladóttir o.fl. 2005, Þróstur Eysteinnsson 1994). Umræða um sandfok frá strandsvæðum miðlunarlóna varð áberandi hér á landi í tengslum við fyrirhugað Norðlingaöldulón og Háslón og hafa talsverðar rannsóknir verið unnar á því sviði (t.d. Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 1982, Almenna verkfræðistofan 1997 og 2001, Borgþór Magnússon og Ásrún Elmarsdóttir 1999, Oddur Sigurðsson o.fl. 2001, Ólafur Arnalds og Fanney Ósk Gísladóttir 2001, Harpa Kristín Einarsdóttir 2007). Miðlun vatns milli árstíða veldur því að reglubundnar breytingar verða á vatnshæð lóna, einkum í jökulvötnum sem hafa breytilegt vatnsrennsli yfir árið (Hákon Aðalsteinsson 1986). Árssveiflan veldur því að fjörur standa á þurru fram eftir sumri meðan lónin fyllast smám saman á ný með auknu innstreymi vegna bráðnunar í jöklum.

Áfok veldur breytingum á vaxtarskilyrðum plantna og skaðar yfirleitt gróður. Mikið áfok getur kaffært plöntur og í kjölfar þess breytist gróðurþekja og tegundasamsetning (Okin o.fl.

2001, Maun 1998). Svörfun veldur skemmdum á ofanjarðarhlutum plantna og eru gjóskukorn með hrjúft yfirborð sérlega skaðleg (Guttormur Sigbjarnarson 1969). Tegundir eru misvel aðlagðar áfoki, sumar þola ekkert áfok, aðrar talsvert og svo jafnvel tegundir sem eru háðar áfoki (Maun 1998). Þolmörk tegunda eru háð stærð þeirra, vaxtarformi, þroska- og vaxtarstigi þegar áfok á sér stað en einnig tíðni áfoks og orkuforða. Almennt gildir að því þykkari sem foksandurinn er, þeim mun lengur er gróður að ná sér á strik á ný. Hér á landi er loðvíðir áfoksþolin tegund og verður hún víða ríkjandi í gróðurþekju þar sem áfok er mikið (Sigurður H. Magnússon 1994a, Kristín Svavarsdóttir og Ása L. Aradóttir 2006). Sama er að segja um túnvingul sem þrífst ágætlega í foksandi (Greipsson og Davy 1994, Þröstur Eysteinnsson 1994). Meðal annars af þessum sökum eru víðitegundirnar loðvíðir og gulvíðir mikið notaðar í landgræðslu, t.d. til að græða örfoka land. Áburður hefur mikið verið notaður til að græða gróðurlítið land en við áburðargjöf eykst gróðurþekja og grös verða ríkjandi (Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1991, Sigurður H. Magnússon og Borgþór Magnússon 1995).

Í skýrslunni er gerð grein fyrir niðurstöðum rannsókna við Blöndulón árin 1997–2009 en þær voru unnar samkvæmt samningi milli Náttúrufræðistofnunar Íslands og Landsvirkjunar frá árinu 1999. Vinna við verkefnið á þessu tímabili fólst í endurmælingum á gróðursniðum, árlegum mælingum á jarðvatnsstöðu við gróðursnið, mælingum á rofi úr bökkum á föstum sniðum, vöktun og kortlagningu sandfoks við lónið og endurmælingum á gróðri í foksandi.

Helstu markmið rannsókna við Blöndulón eru:

- Að kanna áhrif lónsins á grunnvatnsstöðu í landi upp frá því.
- Að kanna áhrif breyttrar grunnvatnsstöðu á gróður sem fyrir var við lónið og hvort nýjar tegundir nemi þar land.
- Að kanna áhrif lónsins og öldugangs á strandmyndun.
- Að kanna umfang sandfoks og áhrif þess á gróður.
- Að meta þörf fyrir mótvægisáðgerðir og gera tillögur um þær.

2 RANNSÓKNASVÆÐI

Blöndulón er við hálandisbrúnina á Auðkúlu- og Eyvindarstaðaheiði. Það var myndað með stíflu í efsta hluta Blöndugljúfurs. Heiðalöndin eru í 400–600 m hæð yfir sjó og einkennist landslag af jökulmótuðum ávölum hæðum með stefnu NNV–SSA. Berggrunnur er allþétt basalt og er víða hulinn lausum jarðlögum, einkum jökulruðningi en einnig jökulárseti (Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 1982). Eftir hækkun yfirfalls þekur lónið 57 km² við hæsta vatnsborð. Lónstæðið er fremur grunn lægð sem var að stærstum hluta (85%) gróin þurrlandisgróðri (Ingvi Þorsteinsson 1980). Lyngmóar og mosapembur með fjalldrapa voru ríkjandi á vel ræstu landi og klæddu ása og flatlendi. Aðaltegundir í þessum gróðurlendum voru mosinn hraungambri, fjalldrapi og krækilyng. Stórir samfelldir votlendisflóar voru í kvosum og lægðum og fóru að mestu undir vatn. Nú eru litlir votlendisflákar eftir allra næst lóninu, sá stærsti í Langaflóa (4. mynd).

Strandlengja Blöndulóns er um 86 km löng að eyjum og stíflum frátöldum. Þar af liggja um 75 km um mólendi, 5 km um votlendi og tæpir 10 km um mela. Þar ofan á er jarðvegur, um 0,5–1,5 m þykkur, þynnstur efst á hæðum en þykkastur í lægðum (Borgþór Magnússon 2003). Gjóskulög eru áberandi í jarðvegi en þau eru mikilvæg uppspretta fokefnis þar sem jarðvegsrof er virkt. Vindrof er áberandi við sunnan- og austanvert lónið þar sem áfoksgeirar hafa skilið eftir sig örfoka land og rofabörð (Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 1982).

2.1 Veðurmælingar við Blöndulón

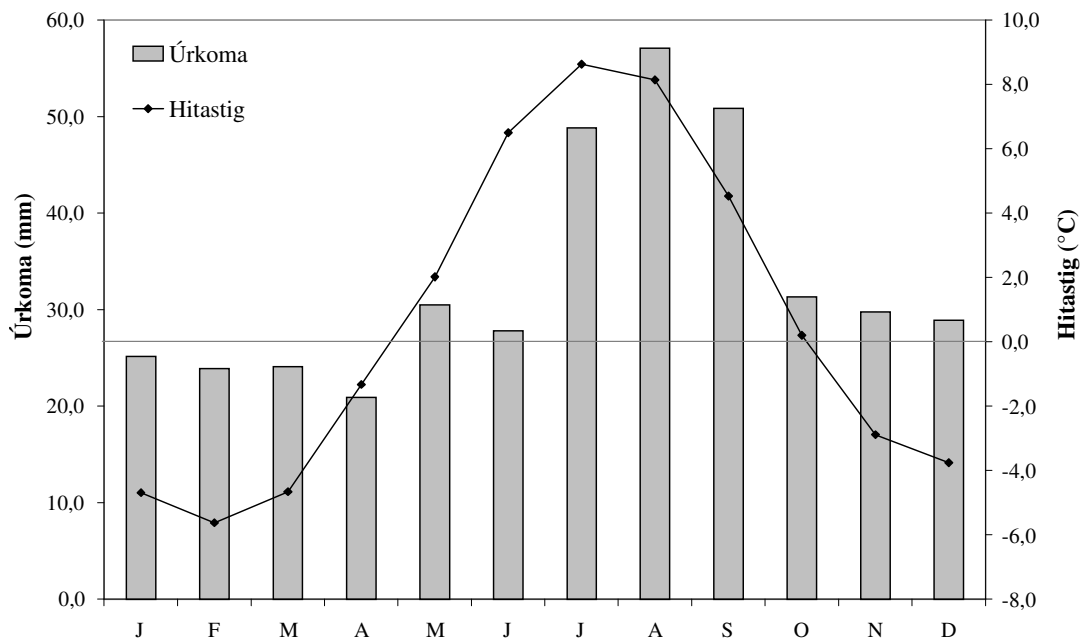
Veðurstöðin Kolka er sjálfvirk veðurathugunarstöð sem sett var upp við Blöndulón árið 1993. Stöðin, sem er í 504 m h.y.s., er í eigu Landsvirkjunar og rekin í samvinnu við Veðurstofu Íslands. Til eru samfelldar veðurfarsmælingar frá árinu 1997. Meðalárshiti áratugarins var 0,6°C og meðalsumarhiti 7,0°C (1. tafla). Að jafnaði er meðalhiti hæstur í júlí (8,6°C) og lægstur í febrúar (-5,6°C, 1. mynd). Mælingar sýna að hitastig færir upp fyrir frostmark í byrjun maí og frýstir að nýju upp úr miðjum október. Meðalárshiti var nokkru hærri síðari hluta mælitímabilsins og var hæstur 1,3°C árið 2003. Þó var bæði meðalárshiti og sumarhiti nokkuð undir meðaltali árið 2005. Heiðalöndin við Blöndulón eru allþurrt landsvæði og er meðalársúrkoma einungis um 400 mm. Ekki virðast hafa orðið breytingar á úrkomumagni yfir tímabilið. Meðalúrkoma yfir sumartíma (júní–september) er um 180 mm.

Svæðið er vindasamt og eru ríkjandi vindáttir af suðaustri. Hægir vindar ríkja jafnan að vori og yfir sumarið en suðlægur, þurrar áttir eru hvassastar að sumri. Vindhraði getur orðið talsverður í norðlægum áttum en þær eru yfirleitt rakar. Mestu hvassviðrin gerir yfirleitt að vetri til en hvassviðri að sumri og hausti eru tíð og með vindhraða 20–30 m/sek.

1. tafla. Meðalhiti og heildarúrkoma árs og sumars (júní–september) í Kolku við Blöndulón frá árinu 1994. Mæligögn eru samfelld fyrir alla liði frá árinu 1997. Gögn frá Veðurstofu Íslands og Landsvirkjun.

Ár	Meðalárshiti °C	Meðalsumarhiti °C	Heildar- ársúrkoma mm	Heildar- sumarúrkoma mm
1994		6,6		
1995		6,9		
1996		7,2		
1997	0,5	6,6	441	212
1998	-0,3 ⁱ	6,1	403	161
1999	-0,2	6,9	392	187
2000	0,3	7,3	314	152
2001	0,5	6,5	411	220
2002	0,9	7,1	447	207
2003	1,7 ⁱⁱ	8,1 ⁱⁱ	485 ⁱⁱⁱ	185 ⁱⁱⁱ
2004	1,3	8,0	372 ^{iv}	129 ^{iv}
2005	0,4 ^v	5,9 ^v	372	164
2006	1,2 ^{vi}	7,4	336 ^{vi}	149
2007	0,7 ^{vii}	6,9	419 ^{vii}	209 ^{vii}
2008	0,6	7,6	299 ^{viii}	138 ^{viii}
Meðaltal	0,6	7,0	390	176

- ⁱ mælingar féllu niður 14.–15. og 17.–19. febrúar 1998 vegna bilunar í mæli
ⁱⁱ mælingar féllu niður 31. júlí 2003 vegna bilunar
ⁱⁱⁱ mælingar féllu niður 31. júlí, 2.–31. ágúst og 17.–31. desember 2003 vegna bilunar
^{iv} mælingar féllu niður 1. janúar–6. apríl og 1.–4. júlí 2004 vegna bilunar
^v mælingar féllu niður 12.–28. júní 2005
^{vi} mælingar féllu niður 13.–30. apríl 2006 vegna bilunar
^{vii} mælingar féllu niður 15.–20. febrúar, 17.–20. mars og 30. desember 2007
^{viii} ólag á úrkomumæli, sennilega vanmat.

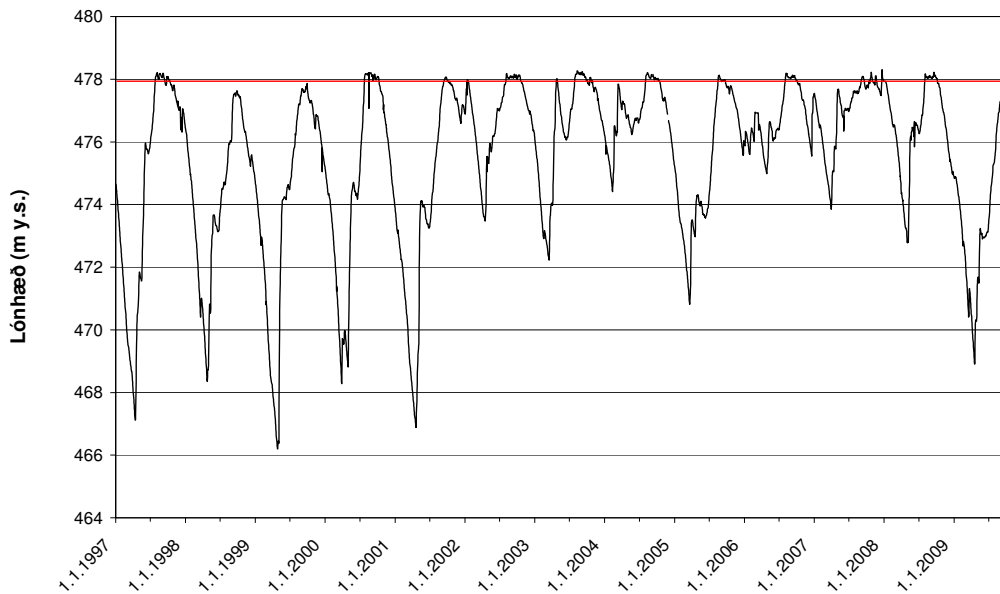


1. mynd. Meðalhiti og meðalúrkoma hvers mánaðar í Kolku fyrir tímabilið 1997–2007. Gögn frá Veðurstofu Íslands og Landsvirkjun.

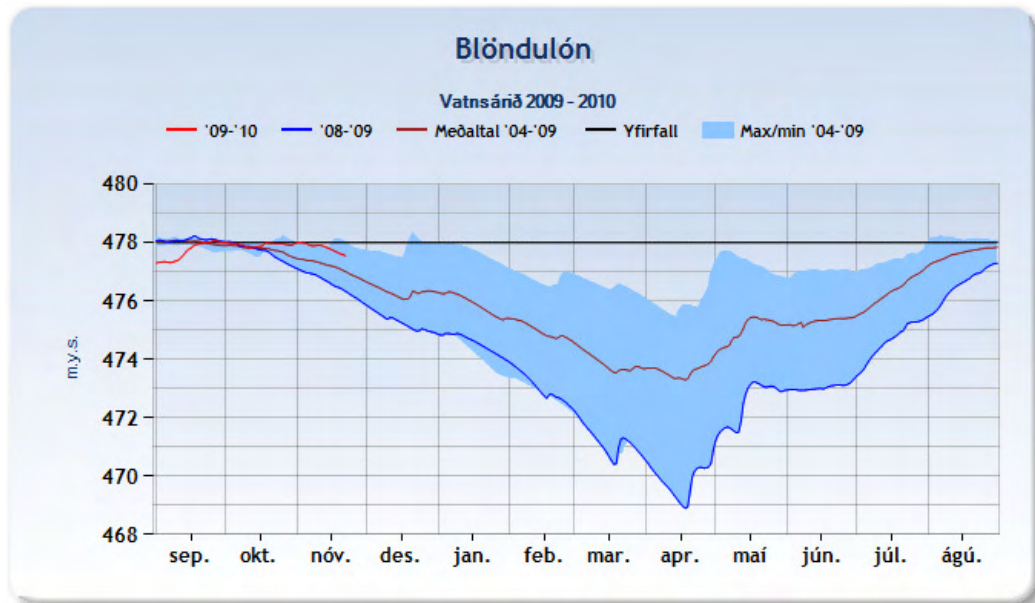
2.2 Vatnshæð Blöndulóns

Vatnsborð Blöndulóns er breytilegt sem einkennir jökulskotin miðlunarlón (Hákon Aðalsteinsson 1986). Yfir veturinn er lítið innrennsli í lónið og því lækkar vatnsborðið jafnt og þétt og nær lágmarki í mars–apríl (2.–3. mynd). Í slæmum vatnsárum getur dregið niður í lóninu um 10 metra og komið hefur fyrir að lónið nái ekki yfirfallshæð (1998 og 1999). Með vorleysingum eykst innrennsli og vatnsborð rís ört. Lónið nær yfirfallshæð síðla í júlí eða að hausti og getur verið á yfirfalli fram í október. Eftir 2001 hefur lónhæðarmynstrið breyst þar sem miklar leysingar að vetri hafa skilað auknu innstreymi í lónið með hækkuðu vatnsborði og lónhæð nálgast yfirfallshæð. Af því leiðir að niðurdrag í lóninu að vetri verður mun minna en í köldum árum.

Við stækkun lónsins breyttist lónhæðarmynstrið og nær það yfirfallshæð allt að tveimur til þremur mánuðum seinna en fyrir stækkun. Það er mislengi á yfirfalli, allt frá nokkrum dögum upp í margar vikur. Lengst hefur lónið verið á yfirfalli árið 2002, alls í 74 daga. Að meðaltali er lónið á yfirfalli í 40 daga á ári (1997–2007).



2. mynd. Vatnsborð Blöndulóns á tímabilinu 1. janúar 1997 til 20. október 2009, mælt með sírita í Blöndustíflu. Gögn frá Landsvirkjun.

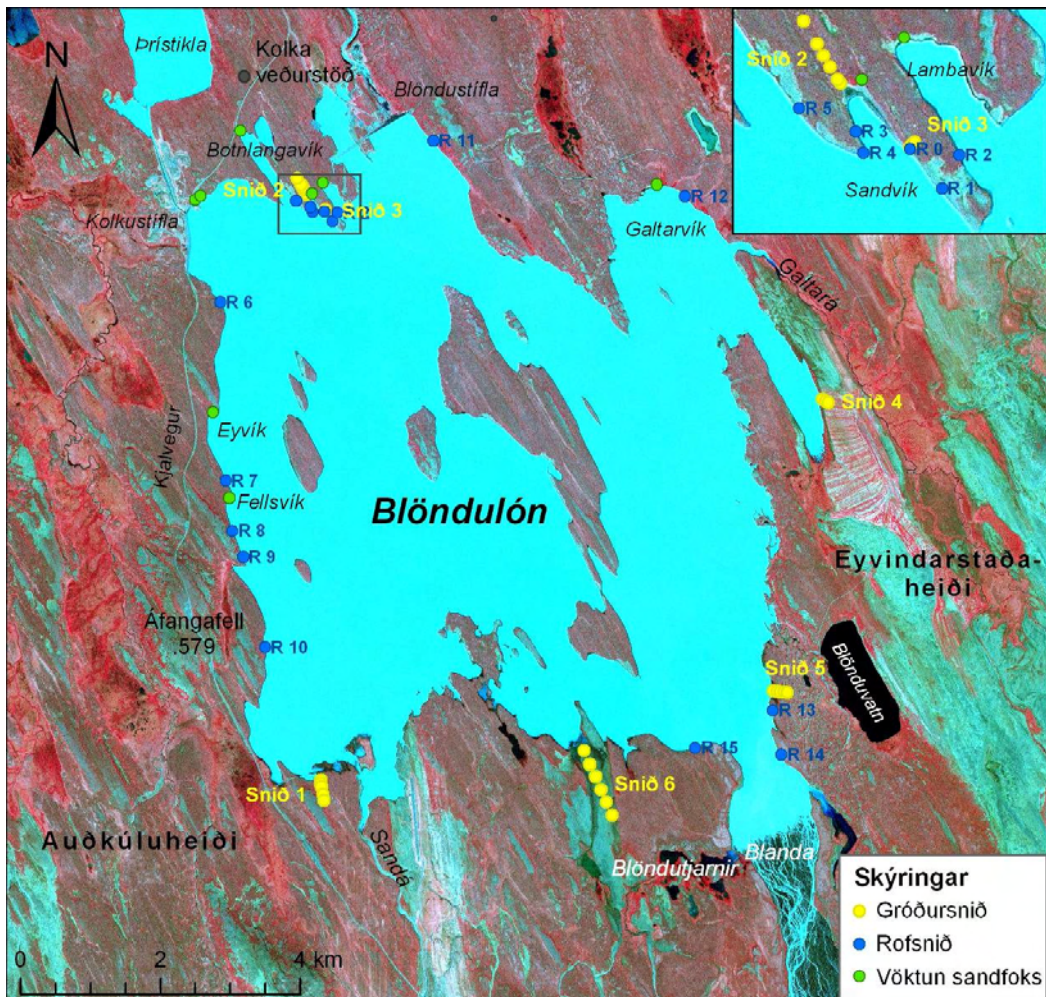


3. mynd. Vatnshæð Blöndulóns, byggt á gögnum frá ársbyrjun 2004 til nóvember 2009. (mynd af vef Landsvirkjunar, 23. nóvember 2009: <http://www.landsvirkjun.is/starfsemin/virkjanir/blondustod>).

2.3 Rannsóknir við Blöndulón

Rannsóknir við Blöndulón árin 1996–2009 fólust í mælingum og athugunum á eftirfarandi:

- Grunnvatnsstaða; grunnvatnsborð mælt á föstum sniðum (gróðursnið) upp frá lóninu með síritamælingum og í ferðum að lóninu að vori og hausti (4. mynd).
- Gróðurframvinda; gróður var mældur á sex sniðum umhverfis lónið, fyrst árið 1996, síðan árið 1999 og loks árið 2006 (3. mynd).
- Öldurof; rof úr bökkum var mælt á 16 sniðum umhverfis lónið (4. mynd).
- Sandfok úr fjörum; helstu áhættusvæði vöktuð og útbreiðsla sands skráð með GPS-mælingum. Heildarútbreiðsla umhverfis allt lónið var kortlögð árið 2007 (4. mynd).
- Áhrif áfoks á gróður; gróðurframvinda var mæld í foksandi í Sandvík (4. mynd). Mælt var árið 2003 og aftur 2007.



4. mynd. Blöndulón og nágrenni. Staðsetning fastra rannsóknasniða er sýnd á myndinni sem og vöktunarstaðir áfoks. Myndin er innrauð SPOT 5 gervitunglamynd frá 6. ágúst 2006. Þá var lónið á yfirfalli og vatnshæð 478 m y.s. Gróin svæði eru rauðleit á myndinni en lítt gróin svæði gráleit. © Spotimage.

3 GRUNNVATN

Frá árinu 1993 hafa staðið yfir rannsóknir og mælingar á grunnvatnsstöðu á sniðum við Blöndulón til að meta áhrif lónsins á umhverfið. Handmælt hefur verið í mælirörum en í ágúst 2003 var síritandi grunnvatnsmælum komið fyrir í tveimur holum á sniði BI-1 og tveimur á sniði BI-6 sunnan Blöndulóns. Þetta eru sömu snið og gróður hefur verið mældur á. Síritarnir mæla grunnvatnshæð og hitastig á klukkustundar fresti allt árið um kring. Með síritunum fæst mun nákvæmari mynd af hegðun grunnvatnsins heldur en áður var mögulegt með handmælingum. Hér verður skýrt hvernig tilkoma Blöndulóns hefur breytt hæð og hegðun grunnvatns á sniðum 1 og 6 sunnan lónsins og tilgreindir þeir þættir sem hafa áhrif þar á. Einnig vísast til eldri skýrsla þar sem grunnvatnsmælingum við lónið er lýst (Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1997, Borgþór Magnússon 1995, 2003, Borgþór Magnússon o.fl. 2004, 2006, Borgþór Magnússon og Victor Helgason 2005, Olga Kolbrún Vilmundardóttir o.fl. 2007).

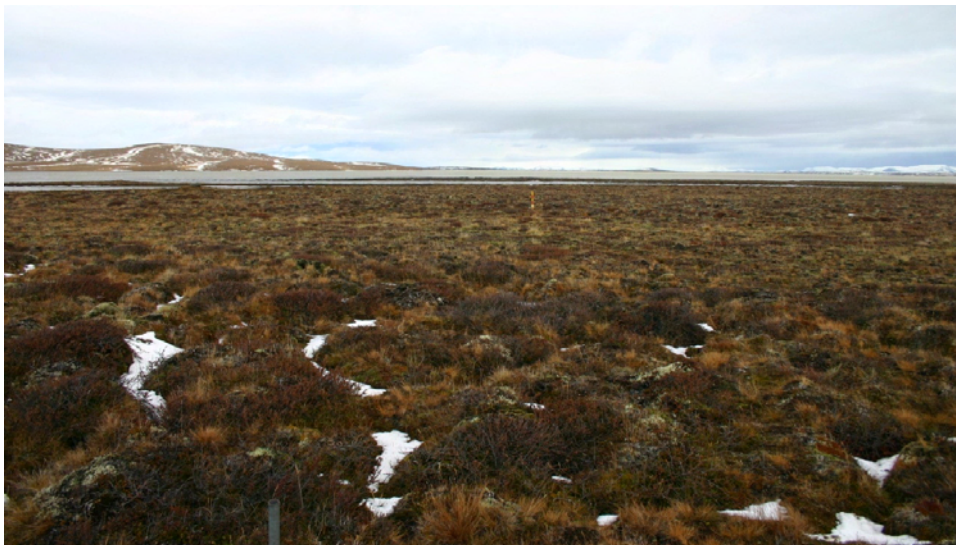
3.1 Staðsetning sniða

Snið BI-1 er suðaustan Áfangafells undir Sauðafellstagli og liggur um fjalldrapamóa (5. mynd). Mælt var í tveimur holum, BI-1-1 og BI-1-2, sem eru við samsvarandi gróðurmæli-

reiti í um 100 og 150 m fjarlægð frá lóni. Snið Bl-6 er á lítt grónum mel sunnan Blöndulóns á Auðkúluheiði, suðvestan Blönduvaðsflóa (6. mynd). Þar var einnig mælt í tveimur holum, Bl-6-2 og Bl-6-6, sem eru við gróðurmæltreiti í 150 og 950 m fjarlægð frá lóni. Lýsing á sniðum kemur betur fram í kafla 4.1, sjá einnig viðauka 2.1–2.12.

3.2 Jarðvegsgerð við sniðin

Við snið Bl-1 eru efstu 80–150 cm jarðvegs áfoksjarðvegur (Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1997) en þar fyrir neðan er jökulárset. Til hliðar við sniðið var náma þar sem tekin var mól vegna vegagerðar og sést þar vel moldin efst og gróft jökulársetið undir (7. mynd). Við snið Bl-6 er um 40–50 cm þykkur meljarðvegur á jökulárseti (Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1997). Við bæði sniðin hefur jökulársetið undir jarðvegsþekjunni lágt fínefnainnihald (Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 1982) og leiðir því grunnvatn vel.



5. mynd. Fjalldrapamói á sniði Bl-1. Ljós. Landsvirkjun, Victor Kr. Helgason.



6. mynd. Lítt gróinn melur á sniði Bl-6. Ljós. Landsvirkjun, Victor Kr. Helgason.



7. mynd. Jökulárset undir jarðvegi við snið Bl-1. Myndin er tekin í malarnámu sem var opnuð í móanum þegar nýr vegur var lagður yfir flóann sunnan Áfangafells. Það er Ólafur Guðmundsson (1942–2008) fóðurfræðingur og yfirmaður beitartilrauna á RALA sem er á myndinni. Ljós. Borgþór Magnússon, 17. september 1990.

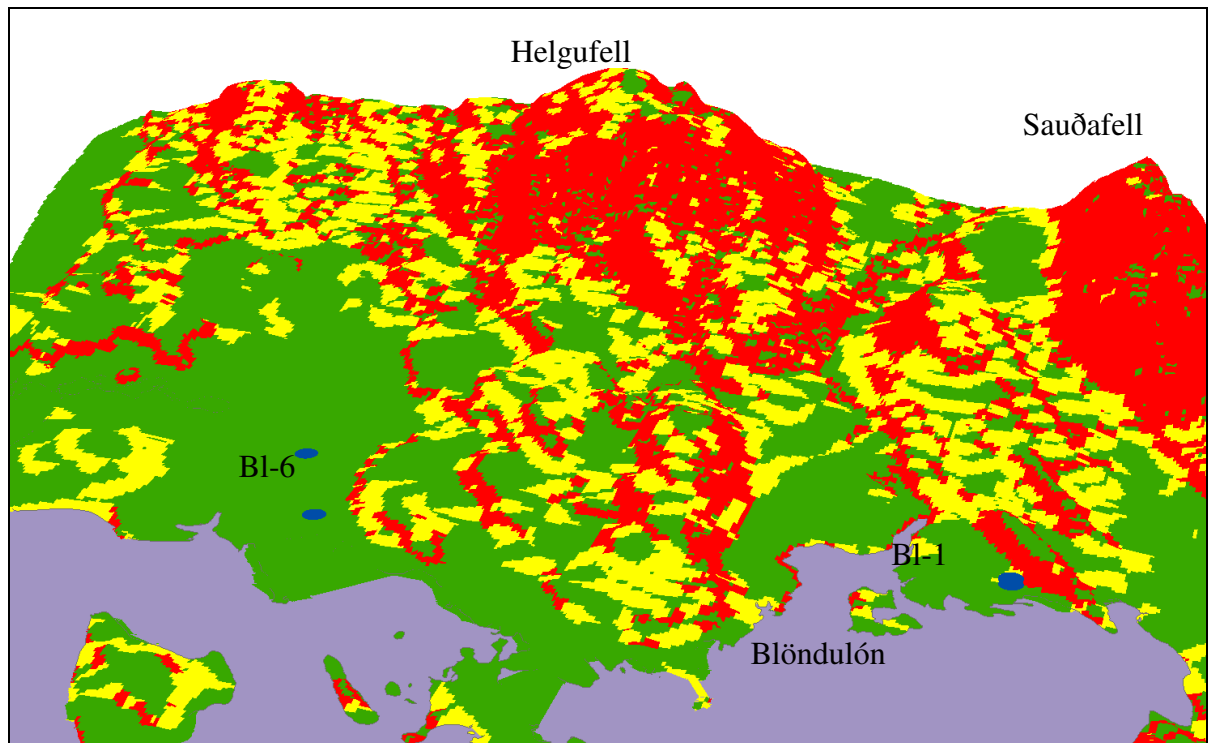
3.3 Landhalli og lega grunnvatns fyrir tilkomu Blöndulóns

Sunnan við Blöndulón rísa Sauðafell um 200 m og Helgufell um 160 m hærra í landinu en lónið (8. mynd). Snið Bl-1 er nyrst í flötu mólendi og fjalldrapamóa en land hækkar sunnar upp í Sauðafellstagl. Næst lóni er landhalli um 0,6% en fjær um 3%. Snið Bl-6 liggur á sléttum lítt grónum mel og er landhalli um 0,3% (Borgþór Magnússon 2003).

Landi sunnan Blöndulóns hallar nokkurn veginn til norðurs (8.–9. mynd). Grunnvatn leitar almennt undan halla á leið sinni til sjávar (Schwartz og Zhang 2003, Zhan o.fl. 2003) og fyrir tilkomu lónsins hefur grunnvatn alltént haft halla (og stefnu) frá Sauðafelli og Helgufelli í suðri norður að Kolkuflóa og Blönduvöðum. Nákvæm lega grunnvatns við sniðin fyrir tilkomu lónsins er ekki þekkt en ætla má að við snið Bl-6 hafi grunnvatn legið um 1 m undir yfirborði í gróðurlitlum melnum. Við snið Bl-1 hafi raki verið í gróðurþekjunni við yfirborð en jökulársetið undir moldinni leitt grunnvatn fram til norðurs á meira en 2 m dýpi við sniðið eins og sést á 7. mynd.

3.4 Grunnvatn við Blöndulón

Grunnvatn á sniðunum sunnan Blöndulóns verður fyrir áhrifum lónsins þegar lónið hækkar upp að og upp fyrir yfirfallshæð seinni part sumars og á haustin. Þegar mjög lágt er í lóninu verða holurnar þurrar og ekkert grunnvatn mælist (10. mynd).



8. mynd. Landlíkan frá lóni til suðurs, yfir sniðin að baklandinu. Grænn litur merkir flatt land 0–3% halli, gulur litur merkir lítinn landhalla 3–7% halla og rauður litur merkir mikinn landhalla yfir 7%. Sniðin eru merkt inn sem bláir punktar. Landhæðarlíkan byggt á IS 50V gögnum Landmælinga Íslands.

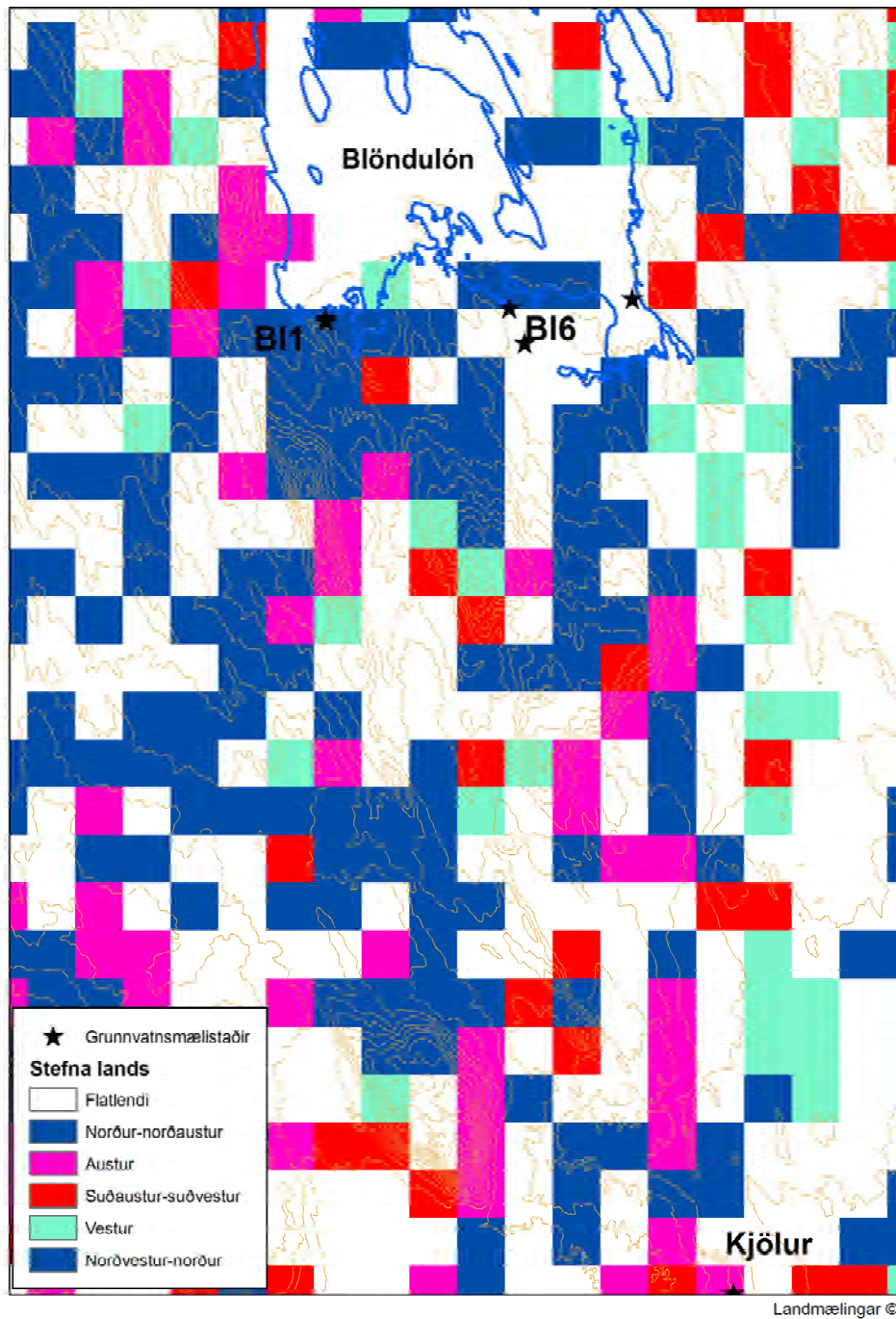
Holurnar í sniði BI-1 eru yfirleitt þurrar vegna þess hve grunnar þær eru en þegar Blöndulón nær yfirfallshæð (478 m y.s.) mælist grunnvatn í þeim. Fyrst í holu 1 og svo um 3–4 dögum seinna í holu 2. Áhrif úrkomu á grunnvatn að sumarlagi eru ekki mælanleg fyrir en lónið hefur lyft grunnvatninu upp fyrir botn holanna. Breytingar á grunnvatnshæð vegna úrkomu verða á sama tíma í báðum holunum. Á veturna mælist stundum grunnvatn í holunum þegar hláku- eða úrkomuskot verða. Þá safnast vatn í holurnar þar sem það kemst treglega niður í jarðveginn vegna frosta (11. mynd). Í ágúst kemst lónið yfirleitt á yfirfall og þá mælist vatn í holunum. Grunnvatnsborð fylgir lóninu og úrkomu yfir haustið. Þegar lækka tekur í lóninu fylgir grunnvatn í holunum á eftir og er komið niður fyrir botn þeirra um áramót.

Á sniði BI-6 er erfiðara að greina áhrif lónsins á grunnvatnshæð þar sem vatn er að jafnaði í holunum. Svo virðist sem lónið hafi þar einnig áhrif á grunnvatnshæð. Þegar lónið fer á yfirfall hækkar grunnvatnsstaða í holunum og í þau skipti sem mjög lágt hefur verið í lóninu hafa holurnar þornað (12. mynd). Grunnvatnshæð í holu 6 virðist svara lónhæðarbreytingum um hálfum sólarhring á eftir hæðarbreytingum í holu 2. Snið 6 er í lítt grónum mel og úrkoma á greiðan aðgang niður í grunnvatnið.

Grunnvatn í leku jökulársetinu sunnan Blöndulóns leitar til norðurs undan landhalla en gróðurþekja ofan á setinu heldur raka sem líklega er að mestu viðhaldið af úrkomu. Með tilkomu lónsins myndast stöðuvatn sem breytir halla grunnvatnsstraumsins. Halli grunnvatnsborðsins við lónið minnkar og grunnvatnsborð færast nær yfirborði (13. mynd) og tengist lónhæðinni.

Eins og sjá má af skýringarmyndinni leitar grunnvatnsborð að nýju jafnvægi þegar lónið lyftir grunnvatninu (13. mynd). Grunnvatnið færast nær yfirborði og leiðir það oft til þess að land við lón blotnar upp. Grunnvatn hækkar upp að lónborði og fer það eftir lekt jarðlaga,

halla lands og halla grunnvatnsstraumsins hversu langt út frá lóninu sú hækkun nær. Á 14. mynd sést samband landhalla og bakvatnsáhrifa (Borgþór Magnússon 2003). Þar sem landhalli er lítil ná áhrif langt út frá lóni en úr þeim dregur mjög með vaxandi halla.

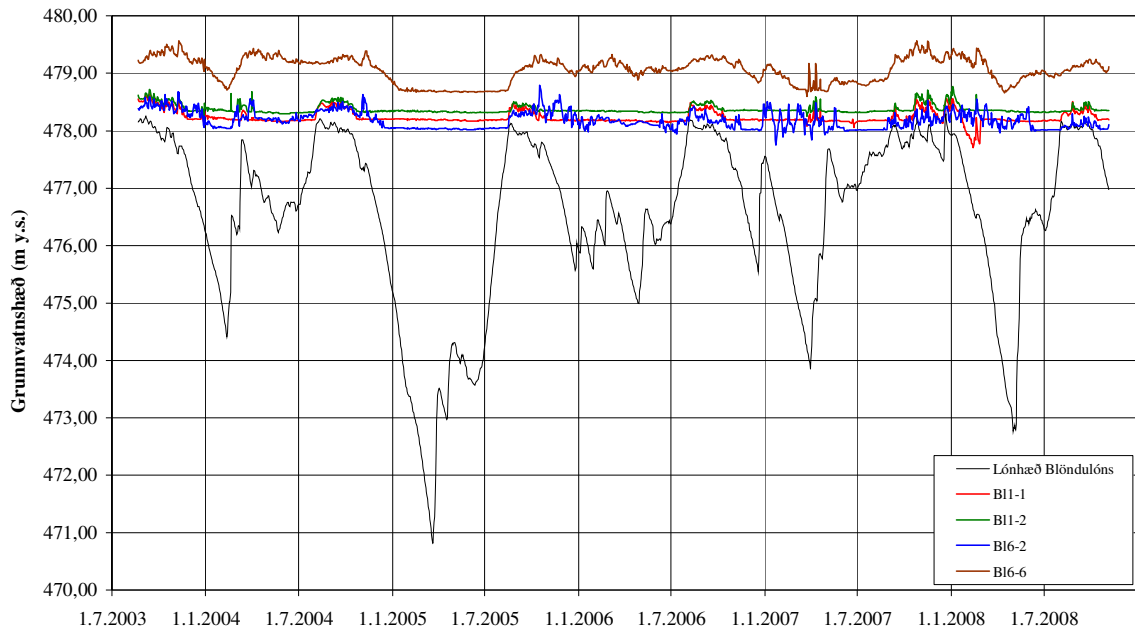


9. mynd. Útreiknuð stefna lands (í 250 m myndeiningum) sunnan Blöndulóns. Landi sunnan lónsins hallar almennt í norður. Landhæðarlíkan er byggt á IS 50V gögnum Landmælinga Íslands.

Landsvirkjun
Rannsóknir

Samband lónshæðar Blöndulóns og grunnvatnshæðar í borholum

Landsvirkjun

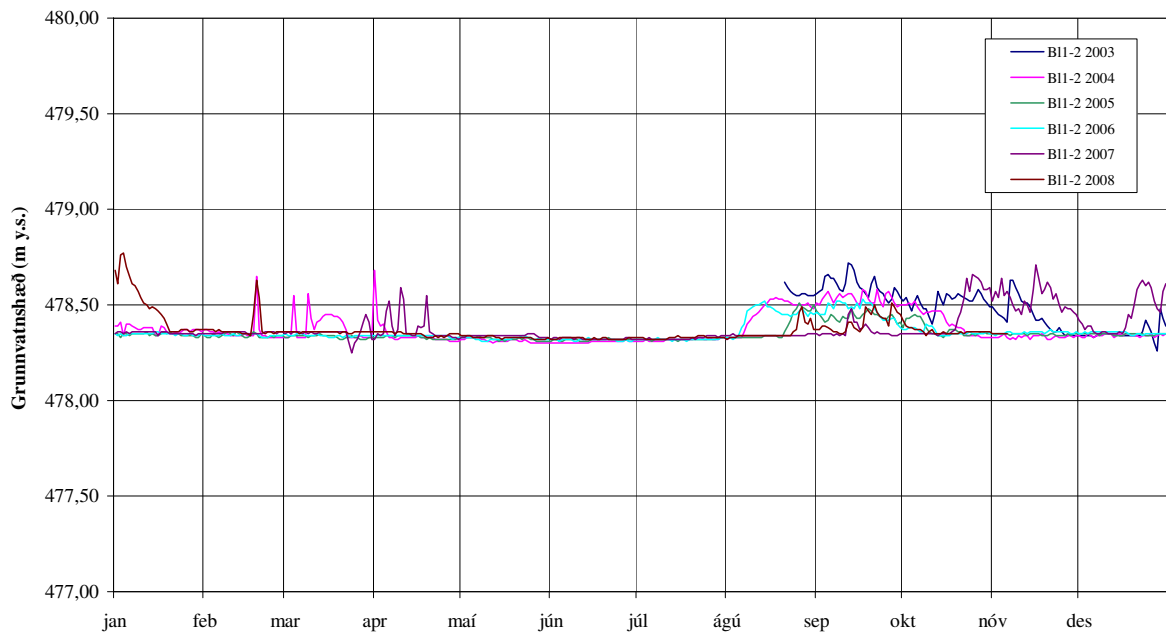


10. mynd. Línurit af vatnshæð Blöndulóns og grunnvatnshæð í sniðum sunnan lónsins. Á tímabilum þar sem ferlarnir eru láréttir og breytast ekki eru holur þurrar og grunnvatn neðar í jarðvegi.

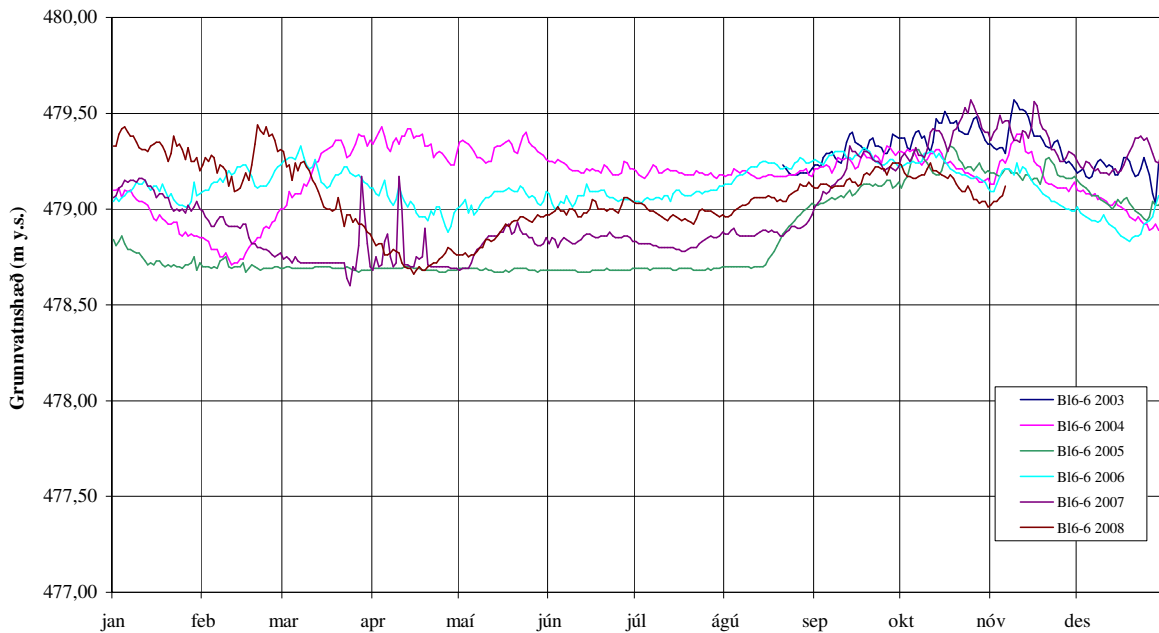
Landsvirkjun
Rannsóknir

Grunnvatnshæð í holu B11-2 sunnan Blöndulóns

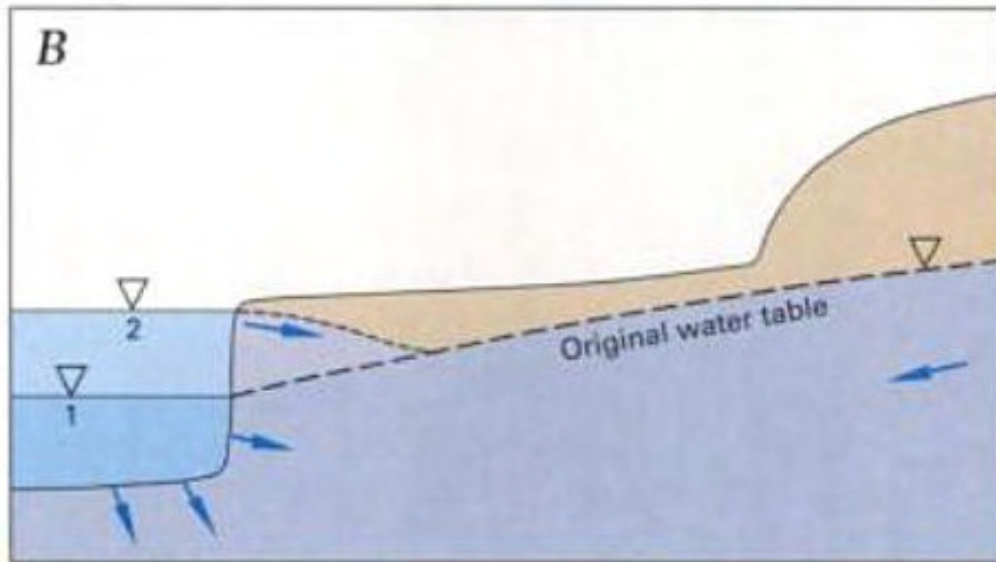
Landsvirkjun



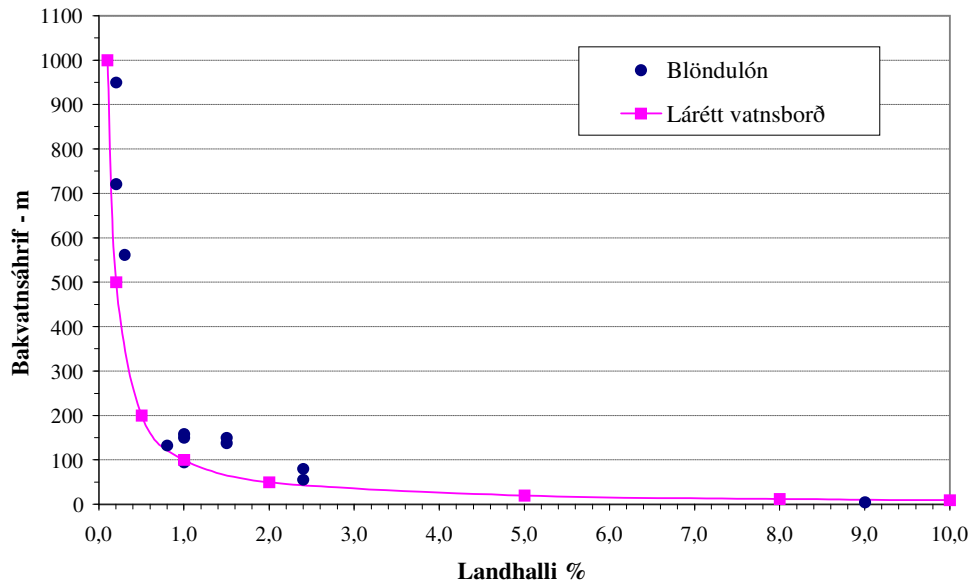
11. mynd. Línurit af grunnvatnshæð í holu B11-2 frá árinu 2003 til 2008. Grunnvatnsferlar fyrir hvert ár eru á sama x-ás til að sýna árstíðabundnar breytingar grunnvatnshæðar. Toppur að vetri tengjast hlákuskotum eða úrkomu en vatn kemst þá treglega niður í jarðveg.



12. mynd.. Línurit af grunnvatnshæð í holu B16-6 frá árinu 2003 til 2008. Grunnvatnsferlar fyrir hvert ár eru á sama x-ás til að sýna árstíðabundnar breytingar grunnvatnshæðar. Þar sem ferlarnir eru láréttir og breytast ekki er holan þurr.



13. mynd. Ímyndað jarðvegssnið við miðlunarlón, aðstæður svipaðar og sunnan við Blöndulón. Breidd áhrifasvæðis frá lóni fer eftir landhalla, gerð og lekt jarðlaga og halla grunnvatnsstraums. Það getur numið mörg hundruð metrum (Winter o.fl. 2002).



14. mynd. Samband landhalla og bakvatnsáhrifa í þurrlendi við Blöndulón. Miðað er við að bakvatnsáhrifa á gróður gæti þar sem bakvatn frá lóni stígur og stendur innan við 1 m frá yfirborði jarðvegs. Dökkir punktar sýna mælingar frá sniðum við lónið. Bleiki ferillinn sýnir sambandið ef um lárétt bakvatnsborð út frá lóninu væri að ræða (Borgþór Magnússon 2003).

Þar sem lónhæð er breytileg sveiflast þessi mót grunnvatns og vatnsins í lóninu og stýrast af lónhæð (nema innrennsli grunnvatns sé verulegt sem er ekki tilfellið í Blöndulóni). Við Blöndulón hefur lág lónhæð að vetri og vori ekki áhrif á grunnvatnsstöðu í kringum lónið. Lekt jökulársetið undir gróðurþekjunni leiðir náttúrulegt grunnvatnsstreymi fram sem er líklega í svipaðri stöðu og var fyrir tilkomu lónsins. Þegar hækkar í lóninu fylgir grunnvatnsborðið eftir og færast þá nær yfirborði. Lekt ársetið veldur breytingum á grunnvatnshæð langt út frá lóni í flötu landi við snið Bl-6. Meiri landhalli við snið Bl-1 veldur því að áhrifin ná þar mun styttra út frá lóni. Víðast hvar annars staðar við lónið liggur land og grunnvatnsstraumur að lóni og sömu þættir ráða hallabreytingum grunnvatns.

4 GRÓÐURFRAMVINDA

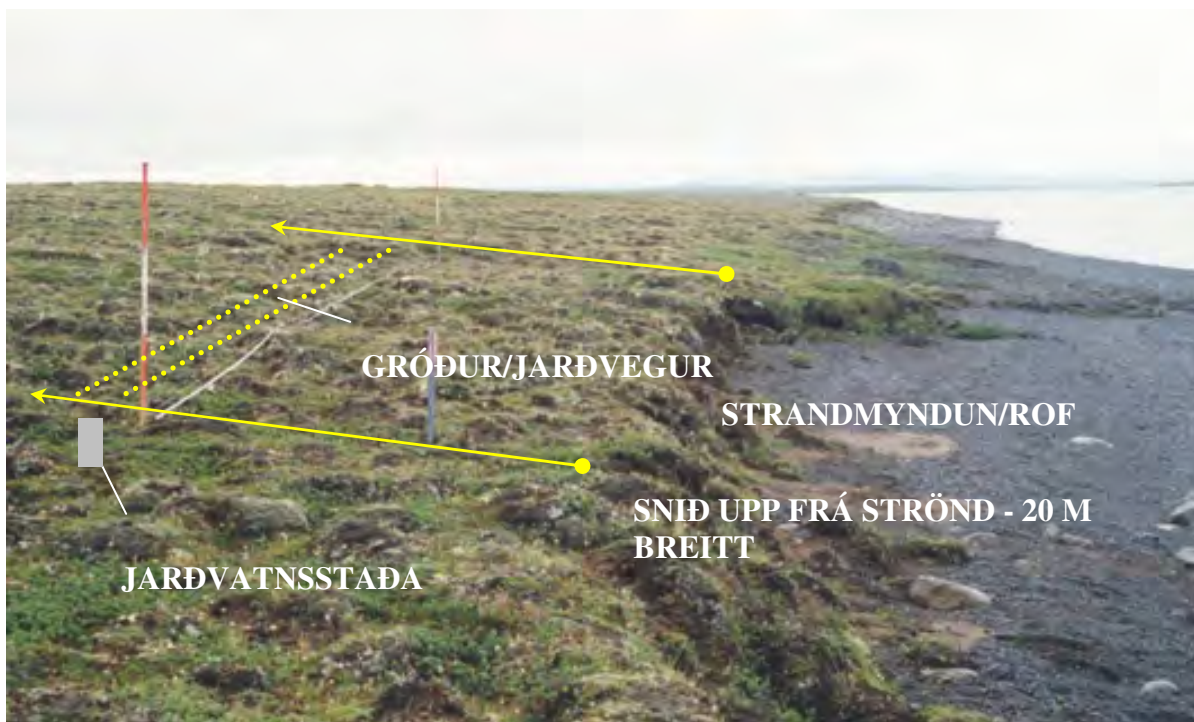
4.1 Aðferðir

Mælistaðir og snið

Gróðurmælingar fóru fram dagana 16.–23. ágúst 2006 og var sömu aðferðum beitt og við mælinganar 1996 og 1999 (Borgþór Magnússon 2003). Í hverjum reit (4. mynd) voru lagðir út 10 smáreitir (50×50 cm rammi) á sömu blettum og fyrr. Allar háplöntur sem fundust innan smáreita voru skráðar til tegunda og þekja þeirra metin samkvæmt þekjuskala Braun-Blanquet. Á sama hátt var skráð þekja ógróins yfirborðs, heildarþekja mosa og fléttna og þekja helstu ríkjandi tegunda af þessum hópum. Þessi aðferð við þekjumælingar er ekki mjög nákvæm vegna þess hve stór þekjubilin eru í efri hluta kvarðans. Eins og fyrr voru teknar ljósmyndir af öllum reitum og þremur smáreitum í hverjum reit. Nánari lýsingu á þessum aðferðum er að finna í fyrri skýrslum (Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1997; Borgþór Magnússon 2003). Þegar mælingar fóru fram 2006 var lónið komið á yfirfall og voru neðstu tveir reitir á sniði 1 og neðsti reitur á sniði 4 komnir á kaf í vatn og var því ekki hægt að mæla gróður í þeim.

2. tafla. Staðsetning mælisniða við Blöndulón og aðstæður. Upplýsingar um jarðgrunn eru frá Ingibjörgu Kaldal og Skúla Víkingssyni (1982). Staðsetning sniða er sýnd á 4. mynd.

Snið	Svæði	Landgerð	Landhalli %	Lengd m	Stefna frá lóni
1	Auðkúluheiði, suðaustan við Áfangafell.	Mólendi á jökulárseti og jökulruðningi.	2,0 (0,6–3,0)	400	S
2	Auðkúluheiði, milli Blöndustíflu og Kolkustíflu.	Mólendi á jökulruðningi.	0,9 (0,3–1,6)	310	NV
3	Auðkúluheiði, milli Blöndustíflu og Kolkustíflu.	Mólendi á jökulruðningi.	6,4 (5,3–8,7)	35	NA
4	Eyvindarstaðaheiði, við Langaflóa.	Flói - melur á jökulruðningi.	2,5 (0,9–4,8)	135	SA
5	Eyvindarstaðaheiði, neðan Blönduvatns.	Mólendi á jökulárseti og jökulruðningi.	1,6 (0,6–3,2)	260	A
6	Auðkúluheiði, suðvestan Blönduvaðsflóa.	Melur á jökulárseti.	0,2 (0–0,3)	1000	SA



15. mynd. Skýringarmynd af gróðurmælisniði og reit við Blöndulón, neðsti reitur á sniði 3. Rof úr bakka var einnig mælt frá grunnlínu milli stanganna og jarðvatnsstaða var mæld í holu við reit. Ljós. Borgþór Magnússon, 13. ágúst 1999.

Snið 1 er við suðvestanvert lónið suðaustur af Áfangafelli í jaðri þess lands sem notað var til beitartilrauna fyrr á árum en þar var víðáttumikið, flatt mólendi sem nú er að mestu horfið undir vatn (Borgþór Magnússon og Sigurður H. Magnússon 1990). Sniðið liggur frá þessu flatlendi og upp í hæðardrag suður af því, sem er á jökulárseti og jökulruðningi (4. mynd). Neðst á sniðinu er landhalli um 0,6% en hann fer vaxandi og er um 3,0% á efsta hluta þess. Sniðið liggur allt um fjalldrapamóa og voru mosinn hraungambri, krækilyng og fjalldrapi ríkjandi tegundir í gróðri þegar sniðið var mælt fyrst 1996. Á snið 1 voru settir upp 5 reitir árið 1996 í 100, 150, 200 og 400 m fjarlægð frá strandlínu (16. mynd). Við endurmælingar á sniðinu 1999 voru einnig mældir tveir reitir sem lágu neðar á sniðinu í landi sem fer að mestu undir vatn þegar lónið er á yfirfalli. Þessir reitir eru um 150 og 200 m frá strandlínu. Landhæð á sniðinu er 477,7–485,1 m y.s. Strandlínan sem sniðið

gengur upp frá veit í mót norðvestri. Aðdrag af lóninu úr þeirri átt er hins vegar stutt en það er langt mót norðri og norðaustri (3. mynd). Það er mjög aðgrunnt út frá ströndinni og alda nær sér þar lítið upp (29.–32. mynd).

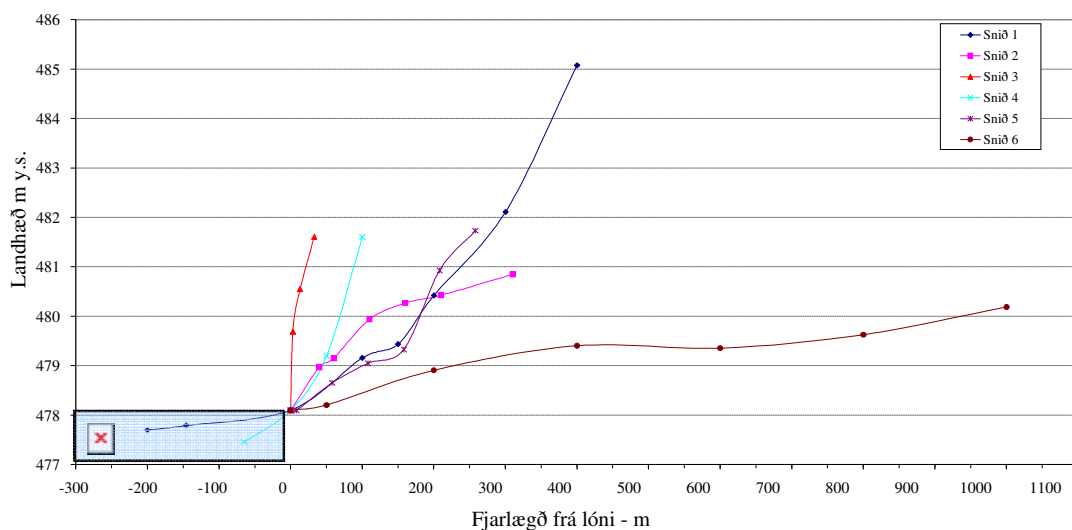
Snið 2 er við norðanvert lónið, á nesi sem skagar út í það á milli Blöndustíflu og Kolkustíflu. Tvær víkur ganga inn í nesið að vestan og er sniðið við þá eystri sem nefn er Sandvík (4. mynd). Sniðið liggur upp frá botni viksins eftir lægð sem gengur upp frá því til norðvesturs á milli lágra hryggja. Jökulruðningur er undir. Neðst á sniðinu er landhalli um 1,6% en hann minnkar er ofar dregur og er 0,3% á efsta hluta þess. Sniðið liggur um flétturíkt mólendi en mundagrös, krækilyng og hraungambri voru ríkjandi í gróðri þegar sniðið var fyrst mælt. Á sniðinu eru 5 reitir í um 40, 60, 110, 160, 210 og 310 m fjarlægð frá lóninu (16. mynd). Landhæð á sniðinu er 479,0–480,8 m y.s. Víkin sem sniðið gengur upp af veit mót suðaustri og er aðdrag af lóninu langt úr þeirri átt og úr suðri (4. mynd). Fremur aðdjúpt er utan við vikið og út með ströndinni og nær alda upp í fjöru þegar vindur blæs af lóni (33.–34. mynd).

Snið 3 er á sama svæði við lónið og snið 2. Það liggur utar með víkinni að austan og gengur þar upp í hæð frá ströndinni til norðausturs (4. mynd). Jökulruðningur er undir. Landhalli á sniðinu er um 6,4% sem er meira en á öðrum sniðum. Sniðið er í mólendi, ríkjandi tegundir í gróðri voru hraungambri, krækilyng og holtasóley þegar sniðið var mælt fyrst. Á sniðinu eru þrjú mælireitir og voru þeir upphaflega í 6, 16 og 36 m fjarlægð frá strandlínu (16. mynd). Landhæð á sniðinu er 479,7–481,6 m y.s. Strandlína neðan við sniðið veit í mót suðvestri og er opin fyrir vestan og suðlægum áttum af lóni. Fremur aðdjúpt er undan strönd og nær alda af lóni upp í fjöru (35.–36. mynd).

Snið 4 er við Langaflóa sem gengur inn úr lóninu að norðaustan. Sniðið liggur til suðausturs úr flóanum upp í melhæð austan við hann sem er þakin jökulruðningi (4. mynd). Halli landsins vex upp eftir sniðinu, á neðsta hlutanum er hann 0,9% en er 4,8% á efsta hlutanum. Neðst á sniðinu var flói þar sem mýrastör og klóffía voru ríkjandi 1996 en á efri hluta sniðsins var melur þar sem mest var um túnvingul, geldingahnapp og lambgras. Árið 1997 hófst uppræðsla á melhæðinni ofan við flóann með sáningu á túnvingli og vallarsveifgrasi með áburðargjöf (Sveinn Runólfsson, munnlegar upplýsingar). Efsti hluti sniðsins er innan uppræðslunnar. Á sniðinu eru fjórir reitir með 50 m millibili. Neðsti reiturinn er undir hæsta vatnsborði lónsins og er um 30 m frá strandlínu en hinir eru landmegin um 35, 85 og 135 m frá strandlínu (16. mynd). Landhæð á sniðinu er 477,5–481,6 m y.s. Innri hluti Langaflóa er þröngur og er mjög aðgrunnt undan landi. Alda af lóni nær sér þar ekki upp (37.–38. mynd).

Snið 5 er við suðausturhluta lónsins neðan Blönduvatns (4. mynd). Sniðið liggur til austurs, landhalli er um 0,8% neðst á sniðinu en hann eykst er ofar dregur í landið og er 3,2% þar sem hann er mestur (16. mynd). Neðst á sniðinu er jökulárset undir en sniðið gengur upp í jökulruðning. Sniðið liggur um mólendi og voru hraungambri, fjalldrapi og krækilyng ríkjandi í gróðri 1996. Á sniðinu voru settir upp fimm reitir 1996 og voru þeir í um 58, 108, 158 og 208 m fjarlægð frá strandlínu lónsins (16. mynd). Við endurmælingar árið 1999 var efsti reiturinn lagður niður en í stað hans bætt við nýjum reit neðst á sniðinu um 8 m frá strandlínu. Landhæð á sniðinu eftir þetta er um 478,1–480,9 m y.s. Strandlína neðan við sniðið veit í mót vestri og er fyrir breiðum lónfleti til vesturs og norðvesturs (4. mynd). Undan landi er aðgrunnt en þar var um 200–300 m hallalítið mólendi sem fór undir vatn. Utar er gamli farvegur Blöndu og dýpkar lónið þar. Ummerki við strandlínu á sniðinu benda til að kröpp alda nái þar ekki upp í fjöru (39.–40. mynd).

Snið 6 er við sunnanvert lónið og liggur suðvestan Blönduvaðsflóa. Sniðið liggur til suðausturs um sléttan, víðáttumikinn mel sem nær suður fyrir Blöndutjarnir (4. mynd). Jökulárset er undir. Landhalli á sniðinu er allsstaðar um eða innan við 0,3%. Melurinn var lítið gróinn en af einstökum tegundum mældust mundagrös, túnvingull og melagambri með mesta þekju 1996. Á sniðinu voru settir upp sex reitir og eru þeir í um 0, 150, 350, 550, 750 og 950 m fjarlægð frá strandlínu (16. mynd). Landhæð á sniðinu er 478,2–480,2 m y.s. Sniðið liggur upp af grunnri, þröngri vík sem er opin mót norðvestri. Aðgrunnt er undan sniðinu og brotnar alda áður en hún nær upp í land (41.–42. mynd).



16. mynd. Lengd sniða og yfirborðshæð mælireita á þeim. Á sniðum 1 og 4 eru einnig reitir úti í lóninu. Þann tíma sem lónið er á yfirfalli er vatnsborðshæð þess að meðaltali 478,1 m y.s. og skera sniðin þá línu. Landhæð á sniðum var mæld af Landsvirkjun. Fjarlægð reita frá lóni er ekki nákvæm þar sem flatlendast er vegna óglöggrar strandlínu og getur skeikað um nokkra tugi metra.

4.2 Úrvinnsla

Í útreikningum á þekju tegunda og flokka voru notuð miðgildi og meðaltöl fundin fyrir hvern reit. Tíðni tegunda var einnig reiknuð en hún er fjöldi smáreita sem tegund finnst í innan reits (0–10). Við tölfraðilega úrvinnslu og túlkun á gögnum var notuð fjölbreytugreining. Forritinu PC-ORD (McCune og Mefford 1999) var beitt til að bera saman gróður einstakra reita frá mælingum 1996, 1999 og 2006. Notuð voru tíðnigildi fyrir 71 tegund háplantna, 3 mosa og 5 fléttutegundir. Valin var DCA-hnitun og dregið úr vægi sjaldgæfra tegunda í gagnasafninu. Neðstu reitum á sniði 1 og 4, alls þremur reitum sem ekki var hægt að mæla 2006, var sleppt í fjölbreytugreiningunni. Fjölbreytni gróðurs í reitum var einnig reiknuð í forritinu á sama gagnasafn og var fjölbreytuvatnir Shannon's (e. *Shannon's diversity index*) valinn (Magurran 1988).

4.3 Niðurstöður gróðurmælinga

4.3.1 Breytingar á gróðurþekju, fjölda og tíðni tegunda á sniðum

Gróðursniðin sex við Blöndulón voru lögð út og mæld í fyrsta sinn árið 1996 þegar lónið náði fullri stærð. Þrjú sniðanna (1–3) höfðu staðið frá árinu 1993 en voru framlengd og færð ofar í landið við stækkun lónsins (Borgþór Magnússon 2003). Sniðin sex voru fyrst endurmæld árið 1999 og síðan aftur árið 2006. Tíu ár hafa því liðið frá fyrstu mælingum og ættu því eindregnari vísbendingar að vera komnar fram um gróðurbreytingar af völdum lónsins en var eftir mælingarnar 1999.

Helstu einkenni gróðurs á sniðunum og grunnástand árið 1996 voru þau að fjögur þeirra lágu um mólendi (snið 1, 2, 3 og 5), eitt um votlendi og upp í mel (snið 4) og eitt um mel (snið 6), (29.–42. mynd). Mólendið var allvel gróið og ógróið yfirborð víðast hvar innan við 20% nema þar sem land var áveðurs (17. mynd). Í mólendinu voru háplöntur og mosar ríkjandi í gróðurþekju en fléttur fundust þar einnig í talsverðum mæli (18. mynd). Ríkjandi plöntutegundir voru yfirleitt mosinn hraungambri, háplönturnar fjalldrapi og krækilyng og fléttan fjallagrös. Mólendið var ríkt af plöntutegundum, af háplöntum fundust þar að jafnaði

20–30 tegundir í reit (17. mynd). Votlendið (neðsti reitur á sniði 4) var vel gróið eins og mólendið. Þar voru háplöntur ríkjandi í gróðurþekju og einnig var mikið um mosa en fléttur voru þar engar (18. mynd). Votlendið var hins vegar talsvert fátækara af tegundum en mólendið. Ríkjandi tegundir voru klóffífa, hálmgresi og mýrastör en mosar voru ekki greindir til tegunda. Á melunum (snið 6 og efri hluti sniðs 4) var land að mestu ógróið (17. mynd) en af þeim gróðri sem fannst var mest um háplöntur. Tegundir á melunum voru talsvert færri en í mólendinu, af háplöntum fundust að jafnaði 15–20 tegundir í melareitum (17. mynd). Helstu tegundir voru túnvingull, týtulíngresi, blóðberg og fléttan mundagrös.

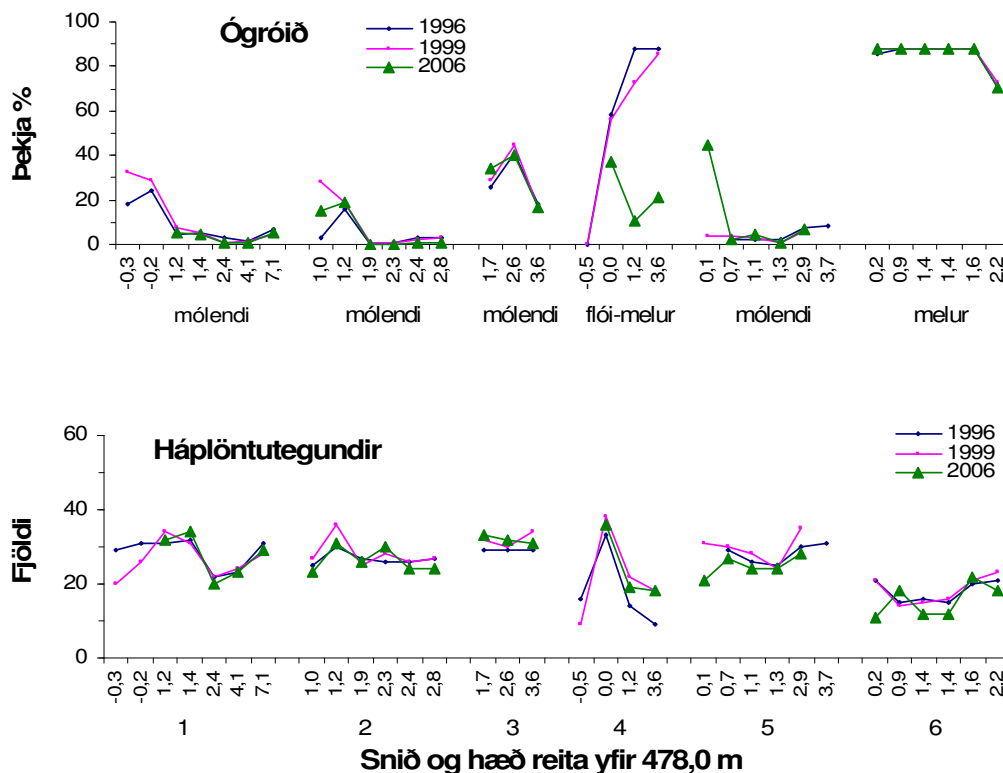
Samanburður á reitum og sniðum milli ára 1996, 1999 og 2006 bendir til að það hafi orðið fremur litlar breytingar á gróðri við lónið undangengin sjö ár umfram það sem orðið var árið 1999 (17.–24. mynd). Þá komu eindregnustu merki um breytingar fram í reitum sem voru í landi sem lá mjög lágt við lónið (á sniðum 1 og 4) og fer undir vatn eða blotnar mikið þegar það fyllist (Borgþór Magnússon 2003). Þessir reitir voru ekki allir endurmældir 2006. Á sniði 5 var hins vegar settur reitur í sambærilegt land árið 1999 og þar voru orðnar merkjanlegar gróðurbreytingar árið 2006. Á sniðum 4 og 6 voru gróðurbreytingar lengra gengnar árið 2006 en 1999 í reitum sem lágu lágt og bakvatnsáhrifa frá lóninu gætti mest. Aðrar helstu merkjanlegar gróðurbreytingar komu fram í melareitum á sniði 4 þar sem upgræðsla var hafin árið 1997.

Neðstu reitir sem lagðir voru út við lónið voru í 477,5–478,2 m h.y.s., eða á -0,5–0,2 m hæðarbili frá yfirfallshæð (16. mynd). Þegar lónið nær yfirfalli vatnar því yfir þá eða þeir verða vatnsósa. Eins og þegar kom fram í mælingunum árið 1999 hafði gróður látið undan í flestum þessara reita, ógróið yfirborð aukist og háplöntutegundum fækkað (17. mynd). Þekja háplantna hafði þá minnkað mikið bæði í mólendi og votlendi og mosar minnkað í mólendi. Fléttur höfðu alveg horfið þar sem þær var að finna í mólendi. Í reitum sem lágu á þessu hæðarbili og voru mældir 2006 gætti enn sömu tilhneigingar í mólendi (snið 5) og á mel (snið 6). Þar hafði gróðurþekja látið undan og ógróið yfirborð aukist mikið í mólendinu og tegundum háplantna fækkað verulega þar og einnig og á melnum (17. mynd). Í mólendinu (snið 5) hafði þekja mosa rýrnað um meira en helming, fléttur horfið (18. mynd) en meginbreytingar komu einnig fram í þekju og tíðni margra ríkjandi tegunda eins og hraungambra, fjalldrapa, fjallagrasa, krækilyngs, grasvíðis, þursaskeggs, lambagras, kornsúru og melagambra sem höfðu látið undan eða horfið í þessum neðstu reitum (19.–24. mynd). Tegundir sem hjörðu enn árið 2006 við þessar forblautu aðstæður í mólendinu voru einkum fjalldrapi, stinnastör, túnvingull, vallarsveifgras og geldingahnappur. Þær var að finna á þúfnakollum sem hæst stóðu en í lægðum sem vatnaði yfir var gróður dauður (39. mynd, 3. viðauki). Í neðsta reit á melnum (snið 6) var um helmingur háplöntutegunda sem voru í reitnum 1996 horfinn með öllu 2006 (17. mynd) en meðal þeirra voru melablóm, músareyra, axhæra, túnsúra, lambagras, blóðberg og ljósberi. Meðal tegunda sem enn fundust í reitunum 2006 voru týtulíngresi, geldingahnappur, túnvingull, blásveifgras og holurt en það hafði dregið úr tíðni flestra þeirra. Aðeins ein tegund, flagahnoðri, hafði numið land í reitnum og náð þar umtalsverðri tíðni (23. mynd).

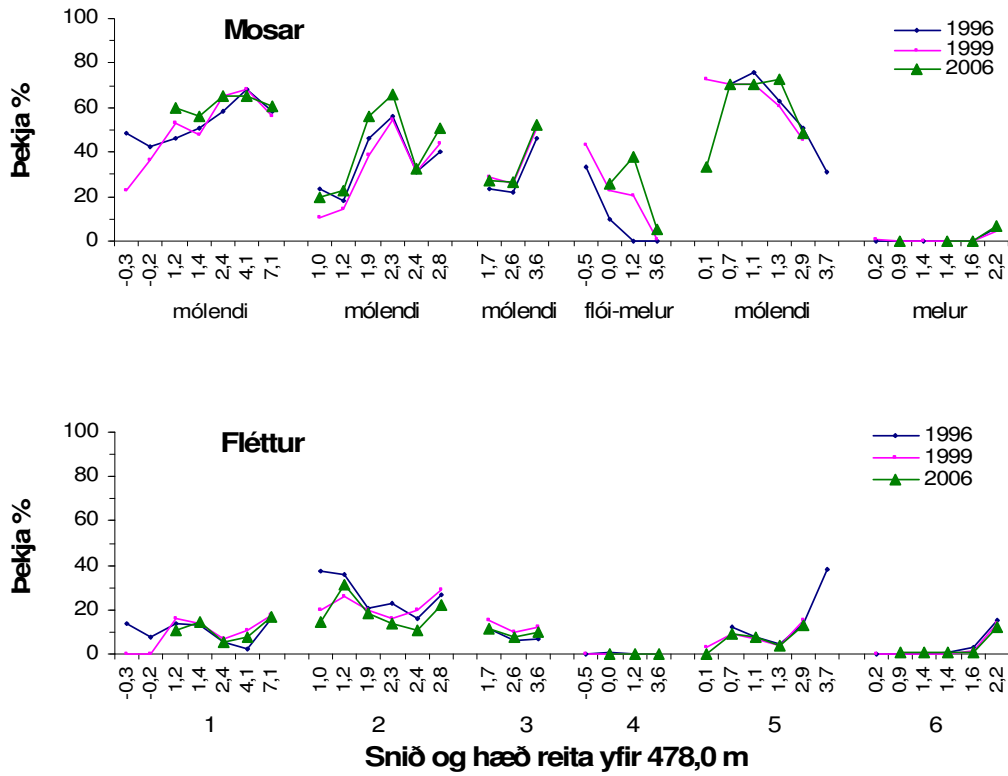
Snið 4 við Langaflóa, hafði árið 1996 verið lagt um flóa, yfir flagmóa og upp á mel. Ekki var hægt að endurmæla neðsta reitinn á sniðinu árið 2006 vegna hárrar lónstöðu en þar hafði tegundum fækkað 1999 (17. mynd). Í næsta reit sem var í 478 m h.y.s. (0,0 m frá yfirfallshæð) og í flagmóanum hafði dregið úr tíðni margra þurrlendistegunda eða þær horfið 2006 en meðal þeirra voru geldingahnappur, túnvingull, axhæra, fjallasveifgras, blásveifgras, túnsúra, lambagras og ljósberi. Nokkrar deig- og votlendistegundir höfðu á hinn bóginn numið land eða aukist í reitnum, þar á meðal voru skriðlíngresi, týtulíngresi, hálmgresi, stinnastör, bjúgstör, mýrastör, fjallasveifgras, klóffífa, augnfró, hrossanál, naflagras og

lyfjagras. Það kann að hafa haft áhrif á landnám þeirra að uppgræðsla með sáningu og áburðargjöf var hafin á melnum ofan flóans árið 1997 og er líklegt að áburðaráhrifa hafi gætt niður fyrir melinn. Efstu tveir reitirnir á sniðinu voru á uppgrædda melnum og þar hafði gróðurþekja aukist og tegundum fjölgað til muna 2006 frá því sem var 1996 (17. mynd). Þar voru vinglar og sveifgrös orðin ríkjandi í þekju en einnig höfðu grávorblóm, músareyra, krækilyng, axhæra, hnúskakrækill, flagahnoðri og blóðberg aukið þar hlutdeild sína.

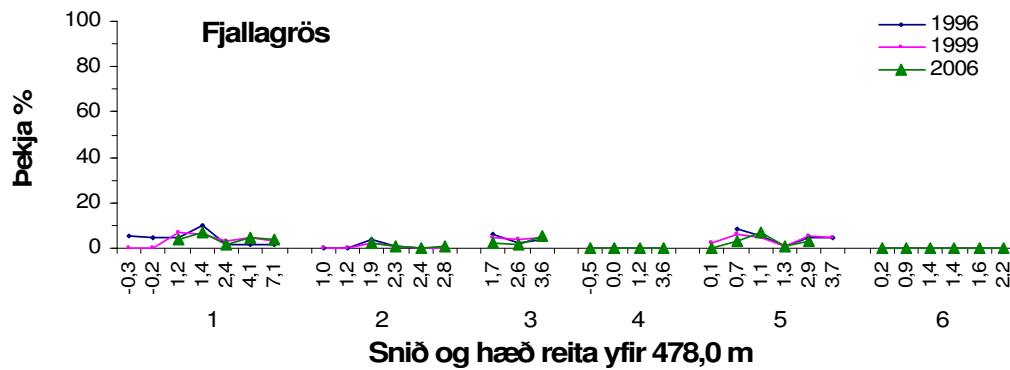
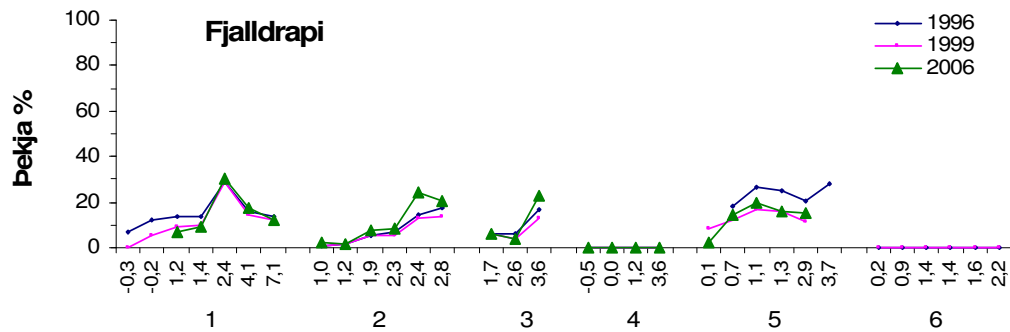
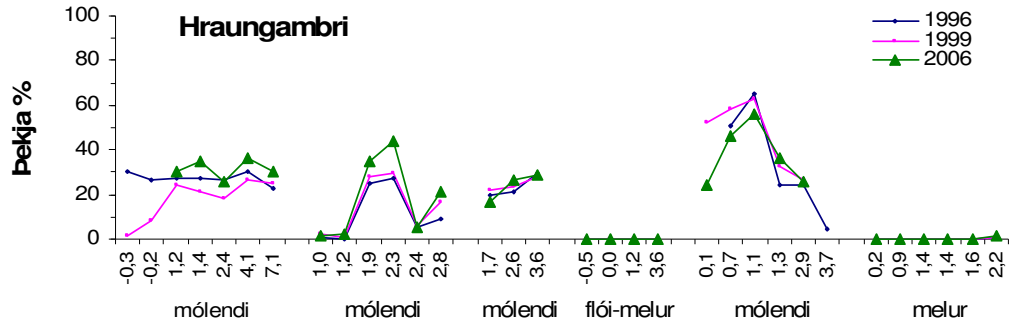
Gróðurmælingarnar benda til að í reitum sem voru um eða yfir 1,0 m ofan yfirfallshæðar lónsins hafi ekki orðið umtalsverðar breytingar á gróðurfari milli árána 1996 og 2006, ef frá er talið snið 4. Þegar á heildina er litið hafa orðið litlar breytingar á tegundafjölda, ógrónu yfirborði, þekju mosa, fléttna og ríkjandi tegunda. Þótt einhver frávik komi fram gefa tíðnimælingar það sama til kynna (17.–24. mynd).



17. mynd. Ógróið yfirborð og fjöldi háplöntutegunda í reitum á sniðum við Blöndulón árin 1996, 1999 og 2006. Á láréttum ási er merkt hve hátt (m) hver reitur liggur yfir yfirfallshæð (478,0 m). Athuga ber að skali á x-ási er ekki línulegur og að lengd sniða og fjarlægð milli reita er mismikil.

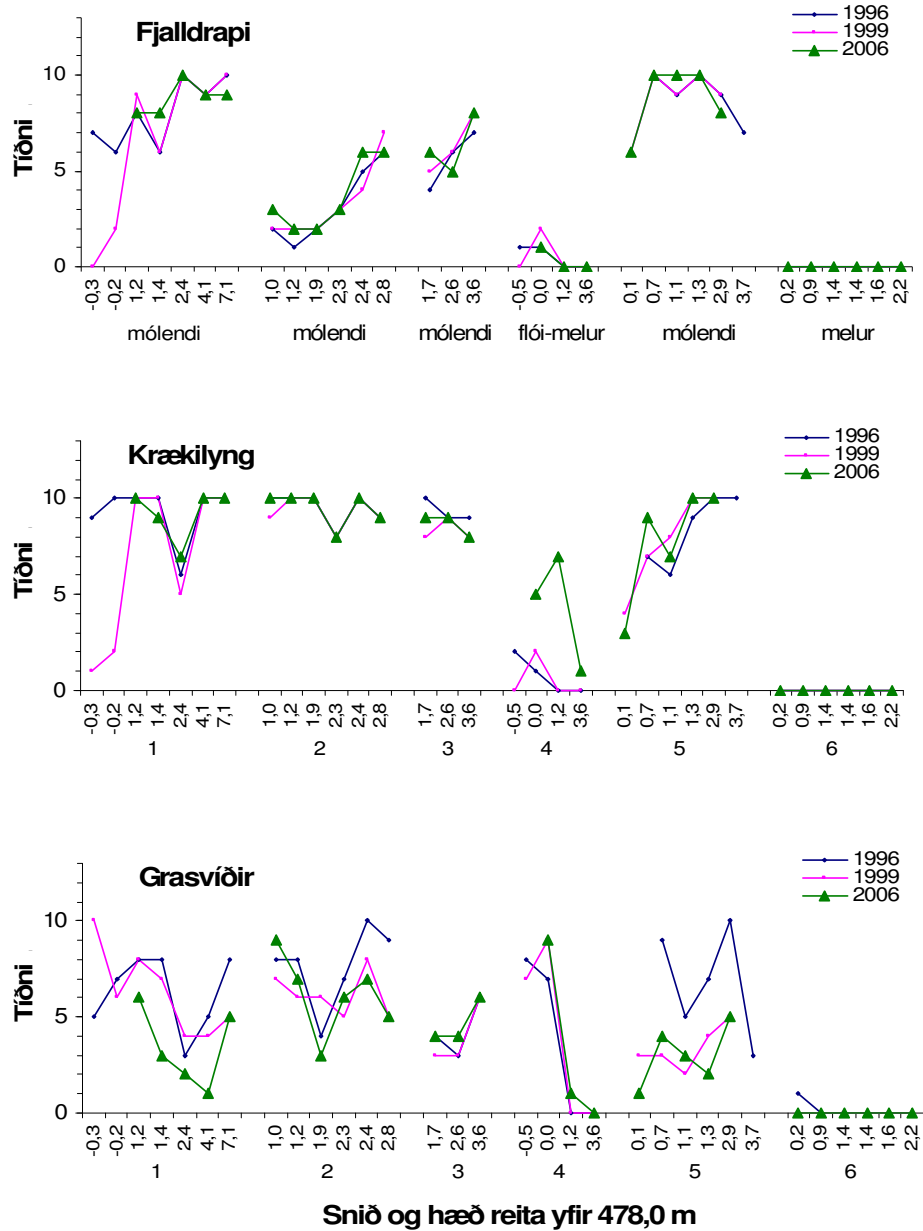


18. mynd. Heildarþekja mosa og fléttna í reitum á sniðum við Blöndulón árin 1996, 1999 og 2006. Frekari skýringar á merkingu reita eru á 17. mynd.

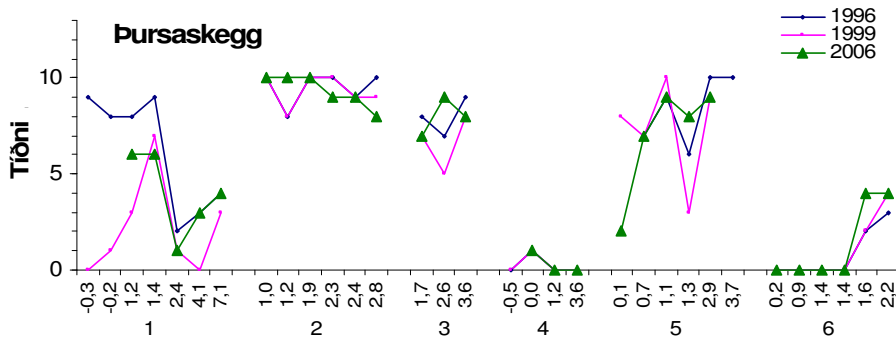
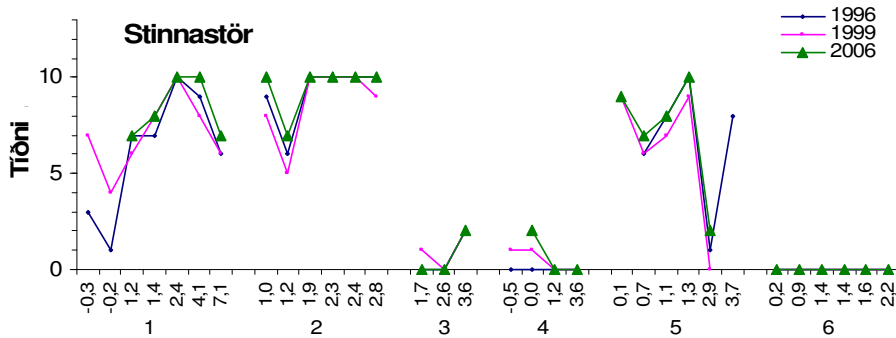
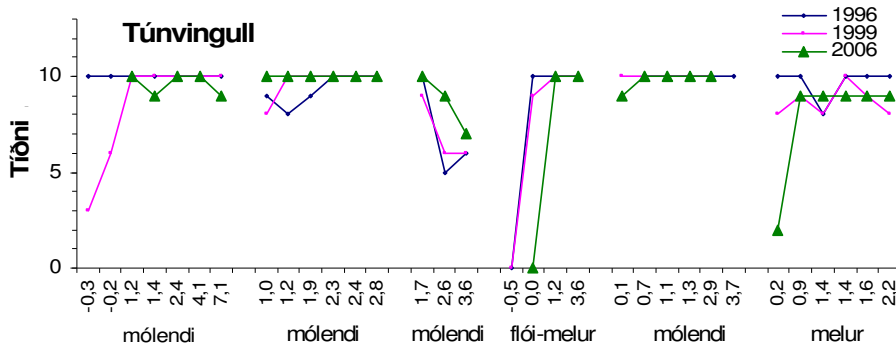


Snið og hæð reita yfir 478,0 m

19. mynd. Heildarþekja hraungambra, fjalldrapi og fjallgrasa á sniðum við Blöndulón árin 1996, 1999 og 2006. Þessar tegundir voru ríkjandi af mosum, háplöntum og fléttum í gróðri í mólendi við lónið. Frekari skýringar á merkingu reita eru á 17. mynd.

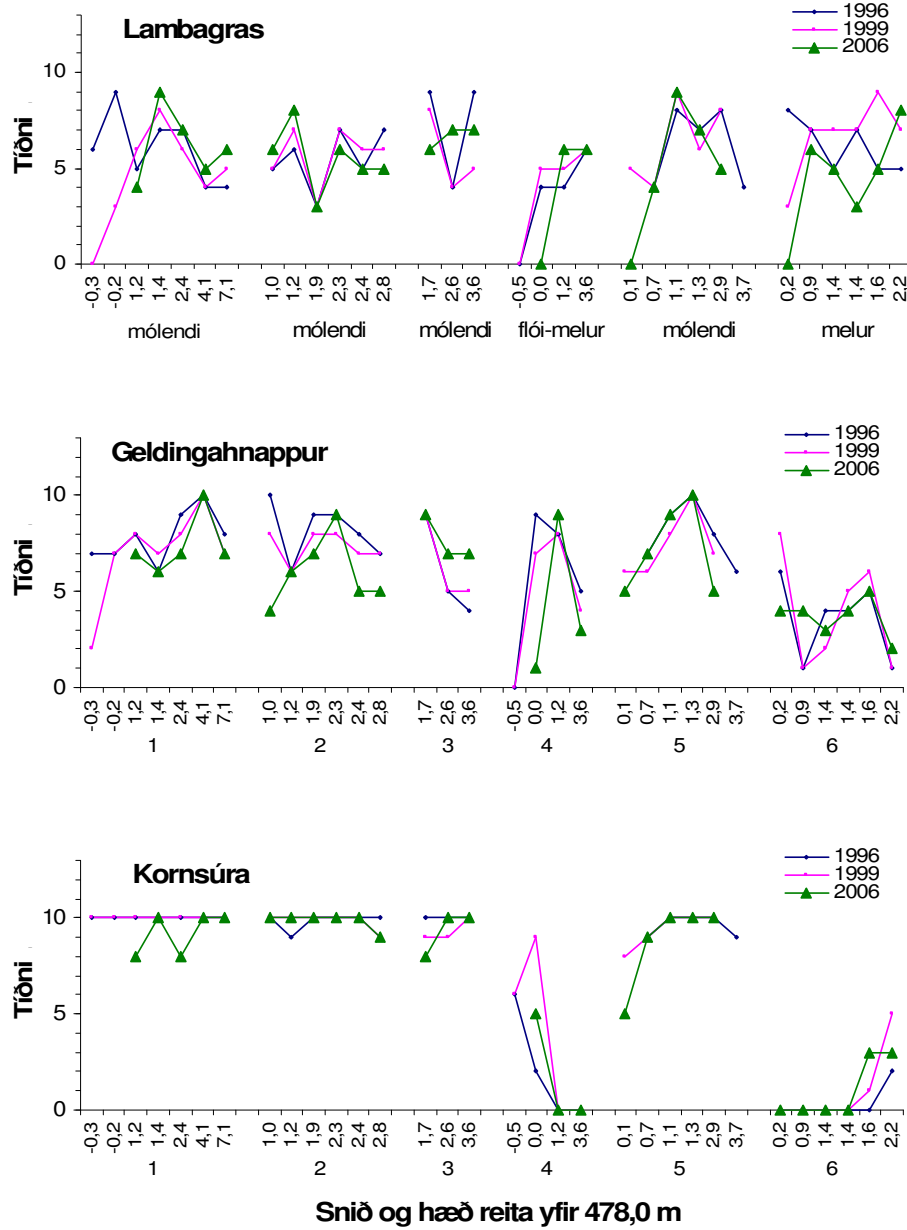


20. mynd. Tíðni helstu runnkendra tegunda, fjalldrapa, krækilyngs og grasvíðis, á sniðum við Blöndulón árin 1996, 1999 og 2006. Frekari skýringar á merkingu reita eru á 17. mynd.

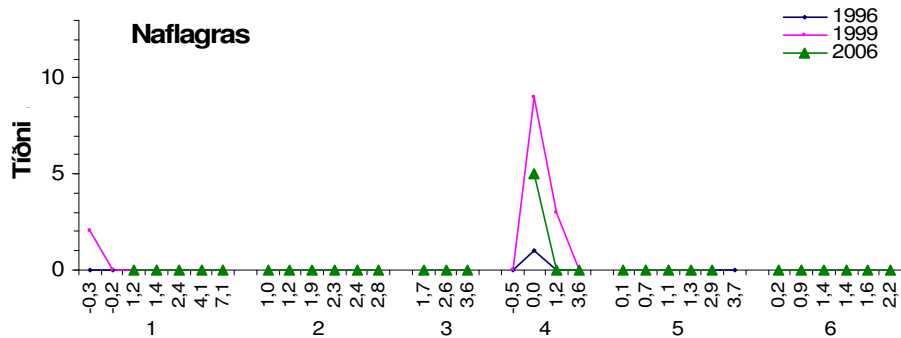
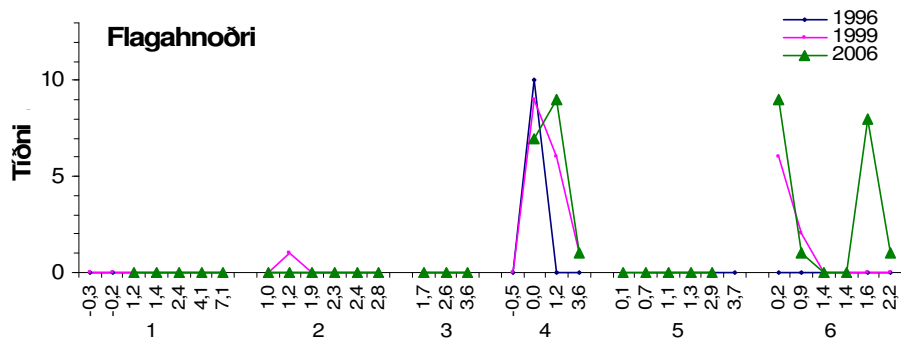
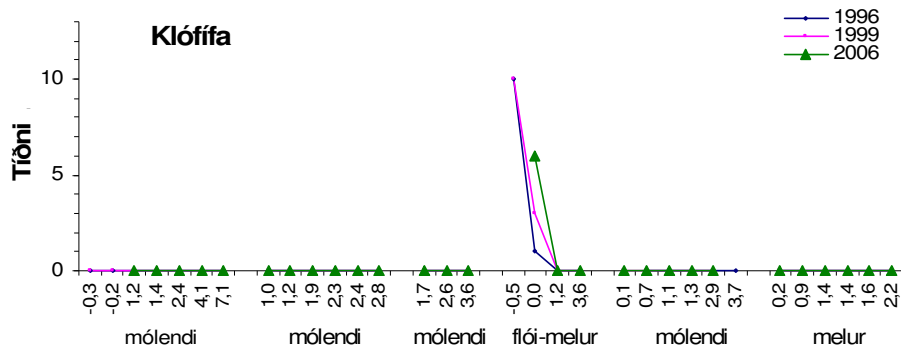


Snið og hæð reita yfir 478,0 m

21. mynd. Tíðni helstu grasleitra tegunda, túnvinguls, stinnustarar og þursaskeggs, á sniðum við Blöndulón 1996, 1999 og 2006. (Frekari skýringar á merkingu reita eru á 17. mynd).

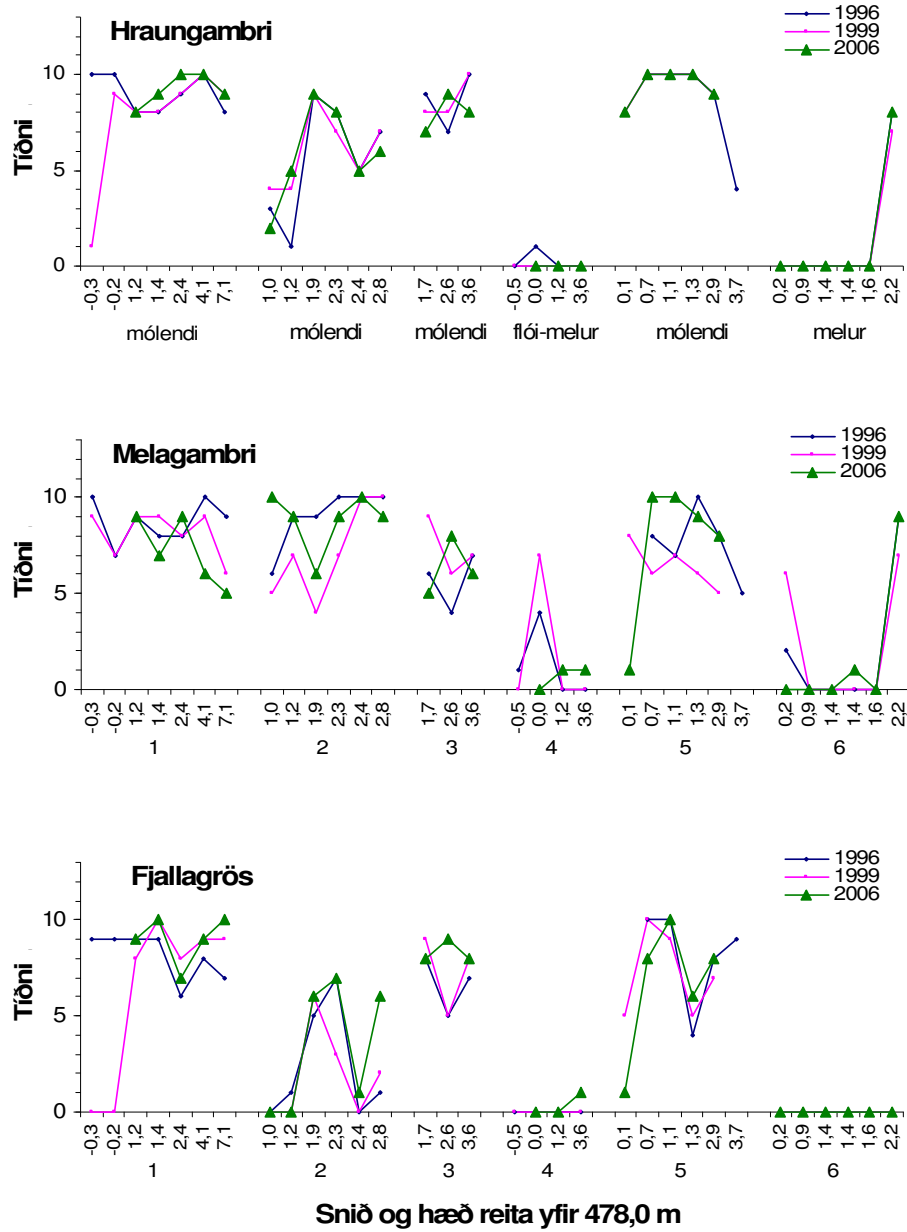


22. mynd. Tíðni helstu tvíkímblaða jurta, lambagras, geldingahnapps og kornsúra, á sniðum við Blöndulón árin 1996, 1999 og 2006. Frekari skýringar á merkingu reita eru á 17. mynd.



Snið og hæð reita yfir 478,0 m

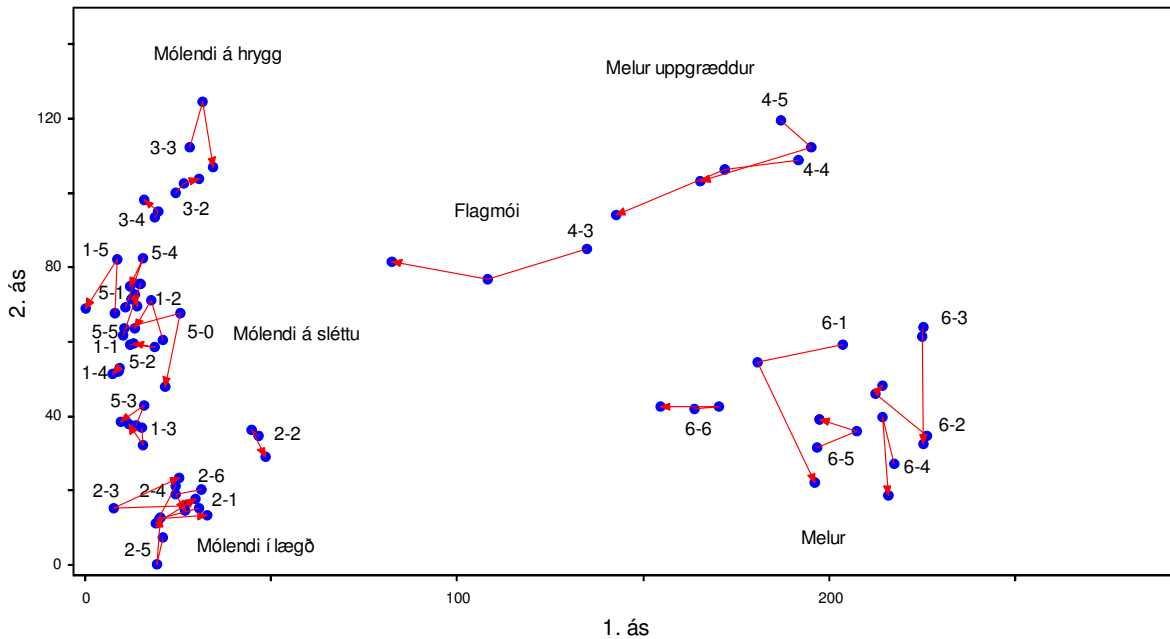
23. mynd. Tíðni þriggja deiglendistegunda, klófífu, flagahnoðra og naflagrass, á sniðum við Blöndulón árin 1996, 1999 og 2006. Frekari skýringar á merkingu reita eru á 17. mynd.



24. mynd. Tíðni þriggja lágplöntutegunda, hraungambra, melagambra og fjallagrasa, á sniðum við Blöndulón árin 1996, 1999 og 2006. Frekari skýringar á merkingu reita eru á 17. mynd.

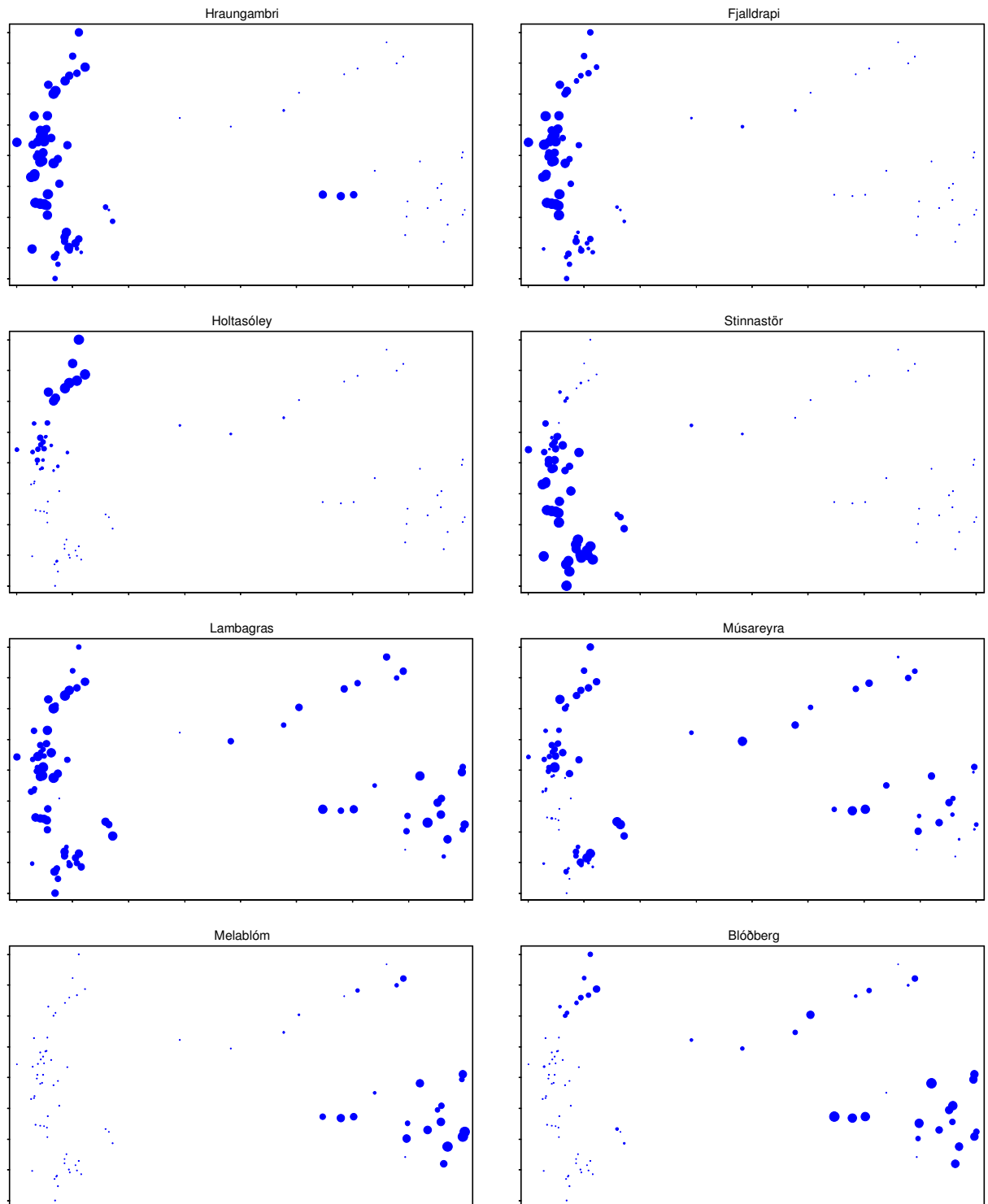
4.3.2 Gróðurbreytingar metnar með fjölbreytugreiningu

Gróðurfarsbreytileiki milli reita á sniðum var kannaður með hnitun og jafnframt hvort breytingar hefðu orðið milli ára. Í ljós kom að snið og reitir á þeim skipuðu sér í tvær meginþyrpingar eftir 1. hnitunarási sem endurspeglar aðalbreytileikann í gagnasafninu. Annars vegar eru snið og reitir úr mólendinu (snið 1, 2, 3 og 5) sem liggja þétt saman til vinstri á ásnum, hins vegar eru melasniðin (4 og 6) sem eru heldur dreifðari til hægri. Mitt á milli þeirra er flagmóareiturinn (4-3) af sniði 4 við Langaflóa (25. mynd). Eftir 2. hnitunarási raðast reitir einkum eftir hversu hátt í landslagi og áveðurs þeir liggja. Neðst á ásnum eru reitir frá sniði 2 sem lá um mólendislægð en efst á ásnum eru reitir sem lágu uppi í hæðum á sniðum 3 og 4. Þessi breytileiki milli reita og sniða skýrist betur þegar skoðað er hvar einstakar tegundir eiga sér þungamiðjur í hniturnarrýminu (26. mynd). Tegundirnar hraungambri, fjalldrapi, holtasóley og stinnastör eru að mestu bundnar við mólendið og finnast í reitum á sniðum 1, 2, 3 og 5 sem liggja til vinstri á hniturnarmyndinni. Holtasóley og stinnastör greina sig þar að en holtasóley finnst einkum þar sem áveðurs er og stinnastörin í grónara mólendi þar sem minna mæðir á. Lambagras og músareyra eru hins vegar dæmi um tegundir sem finnast bæði í mólendi og melum en melablóm og blóðberg eru eindregnari mela- og berangurstegundir og skipa sér til hægri á hniturnarmyndinni (26. mynd).

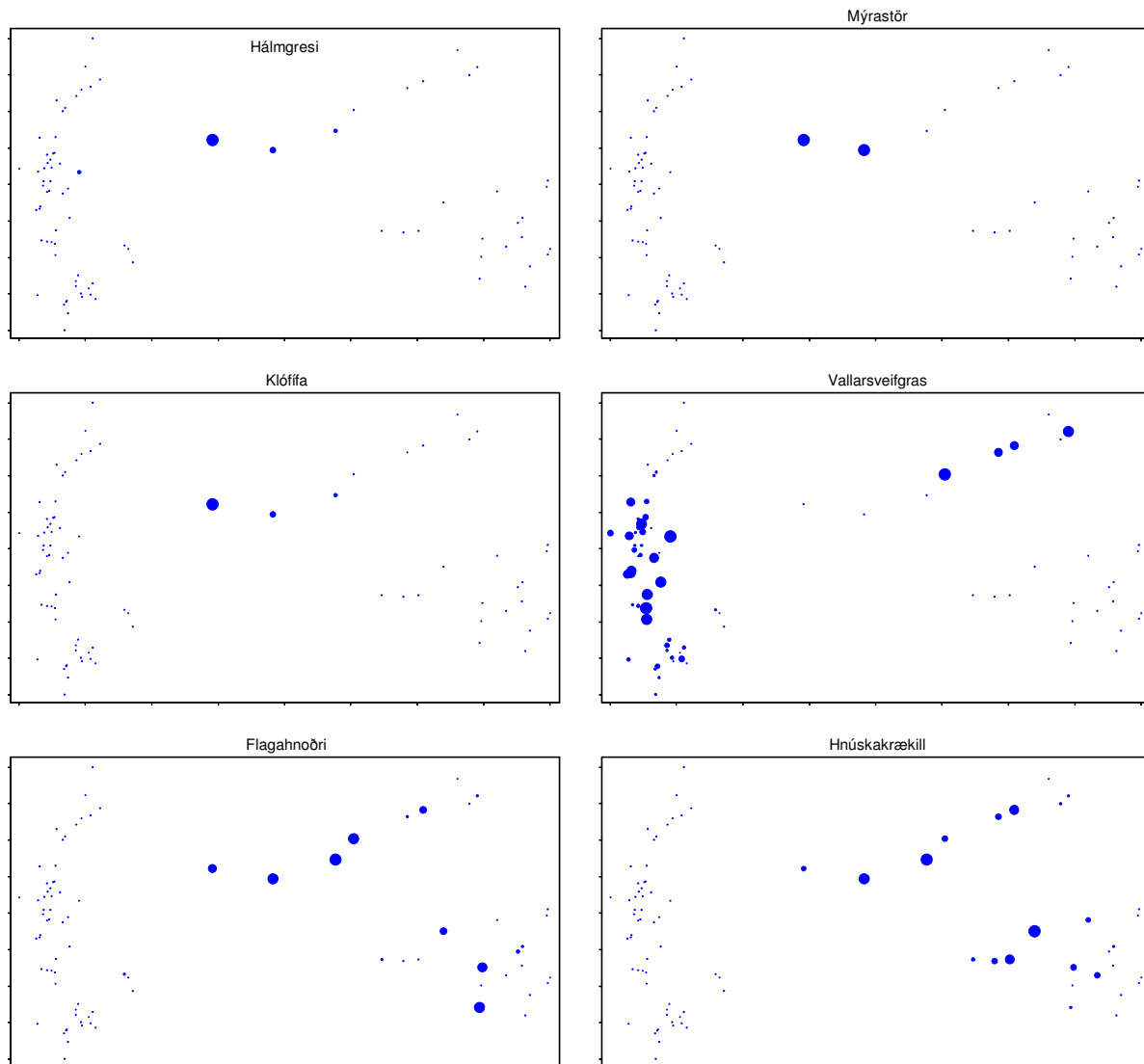


25. mynd. Gróðurbreytingar í reitum á sniðum við Blöndulón samkvæmt niðurstöðum hnitunar. Línur tengja sömu reiti í mælingum árin 1996, 1999 og 2006. Ör tengir sömu reiti í tímaröð en tilfærsla gefur til kynna hvort gróðurbreyting hafi orðið milli mælinga. Beitt var DCA-greiningu við hnitunina. Eigingildi 1. og 2. áss voru 0,40 og 0,09. Reitir á hverju sniði eru merktir með hækkandi tölu eftir fjarlægð frá lóni.

Þegar litið er á tilfærslu sömu reita milli ára kemur í ljós að mestar breytingar hafa orðið í reitum á sniði 4 við Langaflóa (reitir 4-3, 4-4 og 4-5) sem allir hafa færst frá hægri til vinstri á myndinni, frá mel í átt til mólendis (25. mynd). Þessa breytingu má rekja til uppgræðslu- aðgerða á svæðinu, eins og rakið hefur verið, en einnig kann hækkun grunnvatnsstaða að eiga hluta að máli í reit 4-3. Niðurstöðurnar gefa einnig til kynna að talsverðar breytingar hafi orðið í neðstu reitum á melnum á sniði 6, einkanlega í reit 6-1 (25. mynd) sem var við lönsborðið en þar fækkaði tegundum verulega eins og lýst var að framan.



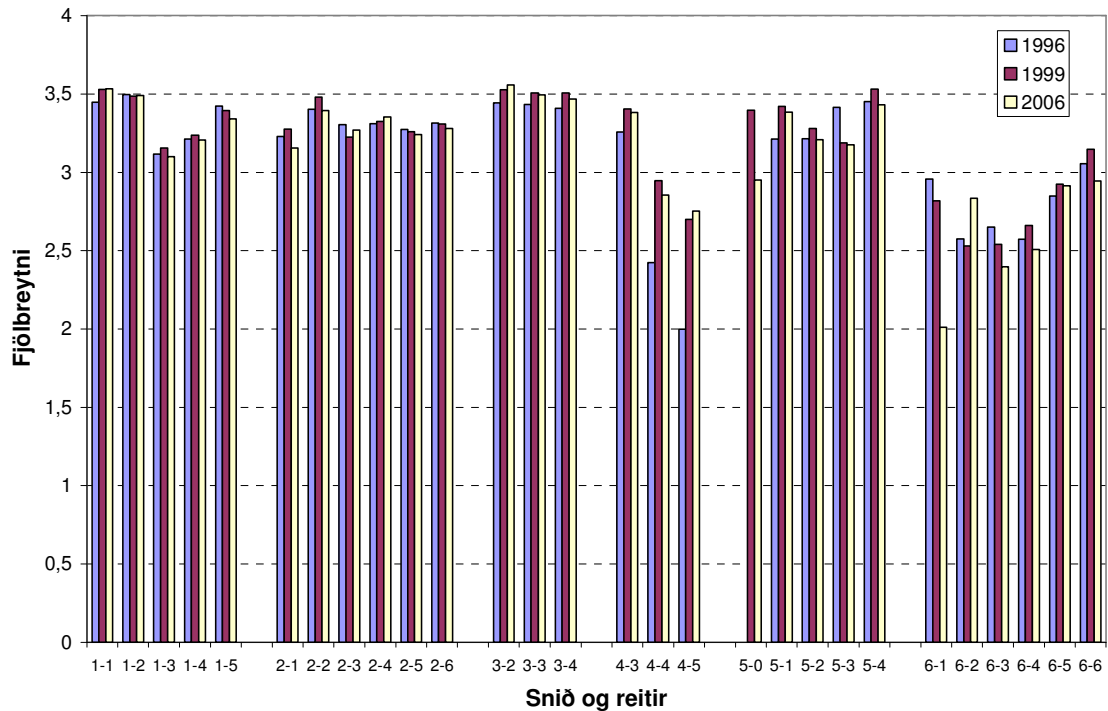
26. mynd. Útbreiðsla og tíðni nokkurra plöntutegunda í reitum á sniðum við Blöndulón árin 1996, 1999 og 2006 sýnd með bóluvíti. Stærð bólu vex með tíðni (1-10), reitir sem tegund finnst ekki í eru auðkenndir með punkti. Ásar og grunnskipan reita er hin sama og kemur fram á 25. mynd.



27. mynd. Útbreiðsla og tíðni nokkurra plöntutegunda í reitum á sniðum við Blöndulón árin 1996, 1999 og 2006 sýnd með bóluriti. Tegundirnar hafa svarað auknum raka í jarðvegi eða áburðargjöf. Stærð bólu vex með tíðni (1-10), reitir sem tegund finnst ekki í eru auðkenndir með punkti. Ásar og grunnskipan reita er hin sama og kemur fram á 25. mynd.

Í heildina virðast, til samanburður, hafa orðið mjög litlar breytingar á gróðri í mólendisreitunum á sniðum 1, 2, 3 og 5 og er vart hægt að greina þar nokkra tilhneygingu eða stefnu. Meðal reita sem sýna þar mestu tilfærslu er reitur 5-0 sem var neðstur og næst lóninu af þeim reitum sem mældir voru í mólendinu árið 2006. Í reitnum fækkaði tegundum verulega milli árana 1999 og 2006 eins og fram hefur komið.

Nokkrar þeirra tegunda sem einkum virðast standa að baki þeim breytingum sem fram komu milli ára eru sýndar á 27. mynd. Í flagmóanum við Langaflóa (reitur 4-3) juku votlendis-tegundirnar hálmgresi, mýrastör og klófiða hlutdeild sína. Á melnum fyrir ofan þar sem hafin var uppgræðsla 1997 kom vallarsveifgras inn sem sáðgresi en það var þar ekki fyrir (reitir 4-4 og 4-5). Flagahnoðri og hnúskakrækill eru smávxnar tegundir sem bregðast fljótt við breyttu umhverfi. Á sniði 4 dró úr tíðni þeirra í flagmóareitunum en þeir komu hins vegar inn í reitina uppi á melnum í uppgræðslunni. Flagahnoðri jókst í nokkrum reitum á sniði 6 og mest í reitnum við lónborðið en hnúskakrækill lét þar hins vegar undan síga næst lóninu (27. mynd).



28. mynd. Fjölbreytni gróðurs á sniðum og reitum við Blöndulón árin 1996, 1999 og 2006, reiknuð samkvæmt fjölbreytnivísi Shannon's. Snið 1, 2, 3 og 5 eru í mólendi, snið 4 í votlendisjaðri og mel og snið 6 á mel. Reitur 5-0 var fyrst mældur árið 1999.

4.3.3 Fjölbreytni gróðurs

Við útreikninga á fjölbreytni gróðurs er bæði tekið tillit til fjölda tegunda, hve mikið er af hverri og jafnræðis á milli þeirra (Magurran 1988). Svo tekið sé dæmi þá reiknast meiri fjölbreytni í gróðurreit A sem er með 10 tegundir og áþekku magni af hverri, heldur en í gróðurreit B sem einnig er með 10 tegundir en mjög mikið af 1–2 þeirra og lítið af hinum.

Niðurstöðurnar frá Blöndulóni sýndu að fjölbreytni þar er talsvert meiri í mólendi en á melum (28. mynd). Í mólendisreitum reiknaðist fjölbreytni um bilið 3–3,5 en í melareitum um 2–3. Í flestum reitum urðu mjög litlar breytingar á fjölbreytni frá 1996 til 2006 og var ekki að sjá að tilhneigingar í ákveðna átt gætti. Helstu frávik frá þessu voru annars vegar neðstu reitir á sniðum 5 og 6 sem blotnuðu mestu upp en í þeim lækkaði fjölbreytni talsvert. Hins vegar voru efri reitirnir á sniði 4 sem græddir voru upp á rannsóknartímanum. Í þeim jókst fjölbreytni gróðurs.

4.3.4 Megindrættir í gróðurbreytingum og samanburður við aðrar rannsóknir

Rannsóknir á breytingum á gróðurfari við Blöndulón hafa staðið allt frá árinu 1993 en upphaflegt markmið þeirra var að kanna langtímaáhrif breyttrar grunnvatnsstöðu út frá lóninu á gróður sem þar var fyrir og hvort nýgróður næmi land við lónið (Helgi Bjarnason, minnispointar um rannsóknir á strandmyndun Blöndulóns til Rannsóknastofnunar landbúnaðarins, 26. maí 1993). Fyrstu mælingar fóru fram á þremur mælisniðum við lónið sumarið 1993 og voru þær endurteknar 1996. Þá voru sniðin jafnframt færð ofar í landið og þeim fjölgað í sex. Það var gert vegna hækkunar yfirfalls úr 474,3 í 478,0 m y.s. og stækkunar lónsins árið 1996 er framkvæmdum við Blönduvirkjun lauk. Gróðurmælingar voru síðan endurteknar árin 1999 og 2006. Á mælisniðunum hefur jafnframt verið fylgst með grunnvatnsstöðu og áhrifum lónhæðar á hana, fyrst með handmælingum en síðar einnig með síritamælingum á tveimur sniðanna frá árinu 2003 (Borgþór Magnússon og Victor Helgason 2005). Mólendi er ríkjandi landgerð við Blöndulón og var því meirihluti sniðanna, eða

fjögur, sett niður í það. Eitt var sett niður á mel og annað við flóa til að kanna áhrif við fleiri aðstæður.

Niðurstöður grunnvatnsmælinga hafa sýnt að vatnsborð lónsins hefur mikil áhrif á grunnvatnsstöðu í þurrlendi upp af því. Bakvatnsáhrif á gróður eru hér miðuð við að grunnvatnsborð stígi um eða innan við 1 metra frá yfirborði hluta úr sumri (Borgþór Magnússon 2003, Sigurður H. Magnússon og Kristbjörn Egilsson 2008). Þegar lónið nálgast yfirfallshæð tekur jarðvegur að blotna upp og sígur vatnið með tímanum langt inn í landið þar sem flatlent er og jarðvegur gegndræpur. Þegar lónið hefur verið nokkrar vikur á yfirfalli getur bakvatnsáhrifa frá því gætt á allt að 1000 m breiðu belti þar sem flatlendast er og landhalli um 0,2%. Flatlendissvæði eru hins vegar lítil við Blöndulón og finnast aðeins við það sunnanvert. Áhrifin deyfast mjög með vaxandi halla og eru komin niður fyrir 200 m við 1% halla og 100 m við 2% halla. Þegar kemur upp í meiri halla tekur alda að ná sér upp við strönd og móta bakka, við 6–7 % halla gætir bakvatnsáhrifa ekki lengur á gróður (3. mynd).

Hvenær og hversu lengi yfir sumarið lón er við yfirfall og grunnvatnsstaða há út frá því ræður mestu um það hvort og hve mikil áhrif verða á gróður (Nilsson og Keddy 1988, Nilsson og Berggren 2000). Skýrar vísbendingar um þetta kom fram í niðurstöðunum frá Blöndulóni. Frá myndun lónsins haustið 1991 til 1996 var yfirfallshæð þess 474,3 m y.s. Á þessu tímabili, þ.e. frá vorinu 1992, náði lónið yfirfallshæð í lok maí eða í seinasta lagi um miðjan júní, að frátöldu árinu 1996 þegar vatnsborði var haldið lágu framan af sumri vegna framkvæmda. Jarðvegur á lágum svæðum við lónið blotnaði því upp að vori og hélst rakur langt fram á haust, yfir nær allan vaxtartíma plantna. Við hækkun yfirfalls í 478,0 m y.s. árið 1996 og aukningu nýtanlegrar miðlunarrýmdar lónsins úr 220 í 400 GL varð hins vegar sú breyting á að fylling lónsins færðist aftur um nær 3 mánuði. Hefur hún í fyrsta lagi orðið 25. júlí en að jafnaði í seinni hluta ágúst eða fyrri hluta september. Haustin 1998 og 1999 náði lónið ekki að fyllast en þessi ár voru fremur köld. Ef litið er til vatnsbúskapar við lónið frá 2004 kemur þessi breyting greinilega fram. Gömlu yfirfallshæðinni (474,3 m y.s.) nær lónið að meðaltali í fyrstu viku maí en þeirri seinni (478,0 m y.s.) í lok ágúst (3. mynd).

Þær aðstæður sem ráða við Blöndulón eftir stækkun þess hafa því breyst á þann veg að það tímabil sem jarðvegur blotnar upp við lónið og hefur áhrif á vaxtarskilyrði platna hefur stytst til muna og færst aftur til loka vaxtartímans. Þetta kemur síðan fram í því að þurrlendisgróður verður fyrir minni áhrifum en áður og tegundir sem þola illa að búa við vatnsósa jarðveg þrauka lengur við hin breyttu skilyrði. Skilyrði fyrir votlendistegundir, sem þola háa vatnsstöðu og eru líklegir landnemar á landi sem blotnar upp, hafa hins vegar versnað til muna. Hvernig hefur þetta síðan komið fram í niðurstöðum gróðurrannsóknna við lónið?

a) Árin 1991–1996, yfirfallshæð 474,3 m y.s., lón fyllist að vori:

Fyrstu vísbendingar frá rannsóknunum árin 1993–1996, þegar yfirfallshæð var lægri og lónið fylltist að vori, voru þessar: Í mólendi við lónið verður gróðurbreytinga vart eftir þrjú ár þar sem jarvatnsstaða út frá lóninu stígur um eða innan við 1 m frá yfirborði. Þar sem dýpra er á jarðvatn verður breytinga ekki vart að nokkru marki. Áhrif á gróður eru mest næst lóninu en úr þeim dregur með vaxandi fjarlægð. Þar sem land er hallalítið og stórþýft fyllast lægðir og skorningar næst lóni af vatni eftir að yfirfallshæð er náð. Gróður sem fyrir er í læðgum og lendir í þessum pollum drepst undantekningalaust. Á því landi sem er ofan vatnsborðs eru viðbrögð plöntutegunda við auknum raka hins vegar mjög misjöfn. Eindregnar þurrlendistegundir láta undan síga, tegundir sem hafa vítt rakaþolssvið geta haldist við og votlendistegundir tekið að nema land. Helstu merkjanlegu áhrif á gróður við Blöndulón og ályktanir sem af þeim voru dregnar eftir þetta fyrsta tímabil voru eftirfarandi (Borgþór

Magnússon 1995, Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1997, Borgþór Magnússon og Ásrún Elmarsdóttir 1999):

1. Fléttur eru mjög viðkvæmar fyrir hárrí vatnsstöðu og hverfa nær alveg úr landi sem blotnar mikið upp næst lóni.

Í mólendi þar sem halli var um 0,3% (snið 1) og land blotnaði mest upp er lónið myndaðist rýrnaði fléttupekja á tveimur árum um 90% í 30 m fjarlægð frá því, 40% í 150 m fjarlægð en hélt óbreytt þegar komið var í liðlega 300 m fjarlægð. Þar sem land verður forblautt næst lóni (<50 m á hallalitlu landi) hverfa því fléttur að mestu, þekja þeirra rýrnar talvert allt upp í 200–250 m fjarlægð en lítilla áhrifa gætir þegar lengra dregur, þrátt fyrir að land blotni talsvert upp.

2. Nokkrar háplöntutegundir, sem eru fremur algengar í mólendi, minnka mikið í gróðri eða hverfa þar sem land blotnar mest upp.

Þetta eru tegundirnar geldingahnappur, lambgras, þursaskegg og móasef sem allar eru eindregnar þurrlandistegundir. Þar sem land er hallalítið er þetta mest áberandi innan við 200 m frá lóni en verður lítið vart þegar fjær dregur. Bæði geldingahnappur og lambgras hafa djúpstæðar stólparætur sem lenda að verulegu leyti neðan vatnsborðs þar sem vatn stígur nærri yfirborði. Í rannsóknnum í Þjórsárverum hefur einnig komið fram að þessar tegundir eru mjög viðkvæmar fyrir hárrí vatnsstöðu og hverfa fljótt þar sem grunnvatnsstaða hækkar mikið (Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1994).

3. Margar af algengari háplöntu- og mosategundum verða fyrir fremur litlum áhrifum af lóninu, a.m.k. í fyrstu, og halda velli á mestum hluta þess lands sem blotnar upp.

Dæmi um þetta eru tegundirnar fjalldrapi, krækilyng, bláberjalyng, grasvíðir, stinnastör, túnvingull, kornsúra og brjóstagrass og mosarnir hraungambri, melagambri og móaklói. Þessar tegundir hafa vítt rakapósvið og geta vaxið bæði í þurrlandi og þar sem deiglent er.

4. Votlendistegundir taka að gera vart við sig og nema land í mólendi um tveimur árum eftir að land blotnar upp. Landnám er mjög hægfara og setja votlendistegundir engan svip á gróður fimm árum eftir að lón hefur myndast. Líklegt er að a.m.k. 20 ár líði þar til votlendisgróður verður áberandi þar sem áður var mólendi og mun lengri tími (>50 ár) þar til gróður við lón nálgast jafnvægi við breytta grunnvatnsstöðu.

Það var klóffu sem var mest áberandi landnemi þar sem mólendi blotnaði upp að marki. Hennar varð fyrst vart í 40 m fjarlægð frá lóninu tveimur árum eftir að það myndaðist og á næstu árum sást hún nema land á fleiri stöðum, einkum á flatlendi sunnan við lónið (snið 1). Þegar fimm ár voru liðin frá myndun lónsins hafði hún numið land í yfir 500 m fjarlægð frá lóninu. Af öðrum votlendistegundum varð sérbylissstarar og hálmgresis vart nálægt lóninu (<70 m) og var þar líklega um nýtt landnám að ræða. Flagasef, sem vex í rökum moldarflögum, fannst í litlum mæli í mólendi á því svæði sem lónið myndaðist. Það jókst verulega eftir að landið blotnaði upp, einkum þar sem flatlendast var (snið 1) og nam það land í meira en 500 m fjarlægð frá lóninu. Fimm árum eftir myndun lónsins var hlutdeild votlendissegunda í gróðri óveruleg og settu þær hvergi svip á gróður. Þekja klóffu og flagasefs í gróðri mældist um eða innan við 0,1% þar sem þær fundust.

5. Plöntutegundum fækkar verulega þar sem land blotnar mest upp næst lóninu (<100 m á hallalitlu landi) sem stafar af því að ýmsar viðkvæmar mólendistegundir hverfa fljótlega eftir að lónið myndast. Landnám votlendissegunda er hins vegar hægfara og ná þær ekki að fylla skarð þeirra tegunda sem hverfa.

Það var aðeins á flatlendi (snið 1) og um og innan við 30 m frá lóninu þar sem veruleg fækkun tegunda varð. Þar hafði háplöntutegundum fækkað um nær helming er tvö ár voru liðin frá myndun lónsins. Í reitum í um 150–300 m fjarlægð nam fækkun tegunda um fimmtung en þegar kom meira en 500 m frá lóninu var hún ekki merkjanleg.

6. Á stærstum hluta þess lands sem blotnar upp við lónið heldur mólendi svipmóti sínu lítið breyttu í mörg ár eftir að lón myndast. Þetta stafar af því að helstu ríkjandi tegundir, t.d. fjalldrapi, krækilyng, hraungambri, haldast áfram í landinu og bregðast hægt við breyttum umhverfisskilyrðum. Líklegt er að yfirbragð landsins breytist hægt

og fremur við það að votlendistegundir auki hlutdeild sína en að mólendistegundir deyi út.

Það var aðeins á forblautu landi næst lóninu sem svipmót landsins breyttist verulega vegna þess að tegundum fækkaði eða þeim hnignaði. Þar sem landhali var minnstur (snið 1) var um að ræða innan við 100 m af 500–600 m breiðu belti sem blotnað hafði upp.

b) Eftir árið 1996, yfirfallshæð 478,0 m y.s., lón fyllist að hausti:

Þegar lónið var stækkað árið 1996 var gróðursniðum fjölgað úr þremur í sex og voru þá einnig hafnar rannsóknir á gróðri á melum og í votlendi við lónið. Áður hafi aðeins mólendi verið rannsakað. Eftir mælingarnar 2006 hafa því fengist eindregnari vísbendingar um langtímaáhrif lónsins á gróður en eftir fyrra tímabilið. Nokkuð af því sem fram var komið stenst að mestu en annað þarf endurskoðunar við í ljósi meiri gagna og hægari fyllingar lónsins að sumri. Hér verða meginatriðin endurskoðuð:

1. Fléttur eru mjög viðkvæmar fyrir hárrí vatnsstöðu og hverfa nær alveg úr landi sem blotnar mikið upp næst lóni.

Stendur óbreytt, nema hvað áhrifasvæði minnkar vegna mikið vegna þess hve lón fyllist seint að sumri.

2. Nokkrar háplöntutegundir sem eru algengar í mólendi minnka mikið í gróðri eða hverfa þar sem land blotnar mest upp.

Mælingar á melum hafa gefið upplýsingar um fleiri þurrlandistegundir sem eru viðkvæmar fyrir hárrí vatnsstöðu. Auk tegundanna geldingahnapps, lambagrass, þursaskeggs og móasefs voru það tegundirnar melablóm, músareyra, hvítmaðra, axhæra, túnsúra, blóðberg og ljósberi sem hurfu með tímanum úr melareit sem blotnaði mest upp við lónið (6-1). Áhrifasvæði minnkar.

3. Margar af algengari háplöntum og mosategundum verða fyrir fremur litlum áhrifum af lóninu, a.m.k. í fyrstu, og halda velli á mestum hluta þess lands sem blotnar upp.

Stendur að mestu óbreytt, áhrifasvæði minnkar og minni líkur á að breytingar komi fram seinna.

4. Votlendistegundir taka að gera vart við sig og nema land í mólendi um tveimur árum eftir að land blotnar upp. Landnám er mjög hægfara og setja votlendistegundir engan svip á gróður fimm árum eftir að lón hefur myndast. Líklegt er að a.m.k. 20 ár líði þar til votlendisgróður verður áberandi þar sem áður var mólendi og mun lengri tími (>50 ár) þar til gróður við lón nálgast jafnvægi við breytta grunnvatnsstöðu.

Stenst ekki, þarf endurskoðunar við vegna hægari fyllingar lóns. Litlar sem engar líkur eru nú á að votlendisgróður nemi land að einhverju marki í mólendi við lónið þegar fram líða stundir. Aðeins smávaxnar, skammlífar deiglendistegundir á borð við flagahnoðra og naflagras skjóta þar upp kollinum í bleytuflögum og melum en ná óverulegri hlutdeild í gróðri. Þar sem votlendisgróður er fyrir í flóum við lónið færast jaðar þess lítillig upp.

5. Plöntutegundum fækkar verulega þar sem land blotnar mest upp næst lóninu (<100 m á hallalitlu landi) sem stafar af því að ýmsar viðkvæmar mólendistegundir hverfa fljótlega eftir að lónið myndast. Landnám votlendistegunda er hins vegar hægfara og ná þær ekki að fylla skarð þeirra tegunda sem hverfa.

Stendur að mestu óbreytt en landnám votlendistegunda verður lítið sem ekkert. Áhrifasvæði minnkar.

6. Á stærstum hluta þess lands sem blotnar upp við lónið heldur mólendi svipmóti sínu lítið breyttu í mörg ár eftir að lón myndast. Þetta stafar af því að helstu ríkjandi tegundir, t.d. fjalldrapi, krækilyng, hraungambri, haldast áfram í landinu og bregðast hægt við breyttum umhverfisskilyrðum. Líklegt er að yfirbragð landsins breyttist hægfara og fremur við það að votlendistegundir auki hlutdeild sína en að mólendistegundir deyi út.

Stenst að nokkru, auknar líkur á að mólendi og melar haldi svipmóti sínu til langframa, engar líkur á að votlendisgróður nemi land á þurrlandissvæðum upp af lóni. Áhrifasvæði minnkar.

Í samantekt þeirra Nilsson og Berggren (2000) er gerð grein fyrir helstu áhrifum vatnsmiðlana í ám og vötnum á vistkerfi strandsvæða, bæði ofan og neðan stíflumannvirkja. Af áhrifum ofan stífla, sem hér hafa verið til athugunar við Blöndulón, vegur að jafnaði þyngst að strandsvæðum meðfram ám eða vötnum og öðru gróðurlendi þar fyrir ofan er sökkt í lónstæði sem yfirleitt leiðir til eyðileggingar búsvæða sem þar voru. Þegar land blotnar upp við miðlunarlón verða fyrstu áhrif á plöntur um ræturnar. Vatnsósa jarðvegurinn verður súrefnissnauður sem leiðir yfirleitt til skemmda á rótum. Margar plöntur eru aðlagðar súrefnisskortri í jarðvegi og geta myndað loftskiptavef eða skotið nýjum rótum í yfirborði og geta því lifað af. Aðrar hætta að vaxa og drepast við það að land forblotnar eða fer á kaf (Nilsson og Berggren 2000).

Við miðlunarlón myndast með tímanum nýjar strendur sem ákvarðast af vatnsborðssveiflum. Strendurnar geta verið margra kílómetra breiðar í stórum, grunnum miðlunarlónum og allt niður í nokkurra metra breiðar ræmur í rennislónum með takmarkaða vatnsborðssveiflu. Framvinda gróðurs á hinu nýja strandsvæði ræðst ekki aðeins af samspili milli rofs og setmyndunar, brotthvarfi og landnámi tegunda heldur einnig af lengd, tímasetningu og tíðni tiltekinna vatnsborðshæða. Í hitabeltinu eru dæmi um að grös vaxi í fjörum lóna á þeim árstíma þegar lónborð er lágt. Á norðurslóðum eru aðstæður aðrar. Þar ríkir yfirleitt vetur og ís og snjór þekur strendur þegar vatnsborð er sem lægst. Eftir að ísa leysir hækkar vatnsborð ört í lónunum og skilyrði í fjörum breytast. Fáar plöntutegundir eru aðlagðar þeim aðstæðum sem ríkja við strendur miðlunarlóna þar sem mikil sveifla verður á vatnsborði yfir árið (Hill o.fl. 1998, Nilsson og Berggren 2000). Helst eru það skammlífar tegundir sem geta lokið lífsferlinum á stuttum vaxtartíma sem þola þær (Nilsson 1981).

Áhrif vatnsmiðlana á strandgróður við vötn í Nova Scotia í Kanada hafa verið rannsökuð og megintengslum vatnsborðssveiflna og gróðurframvindu verið lýst (Hill o.fl. 1998). Þar er fjölbreytni gróðurs að jafnaði minni við miðluð vötn en óröskuð. Megináhrifavaldur sem stýrir gróðurframvindu er vatnsborðssveiflan, bæði yfir árið og einnig milli ára. Við vötn sem eru með stöðugt vatnsborð árið um kring og jafnframt milli ára var kjarr yfirleitt ríkjandi við strönd og gróður fremur fábreyttur vegna samkeppni. Í vötnum þar sem ársveifla var um 0,5–2 metrar og breytileiki milli ára innan við 0,5 m dró úr þekju runna en fjölbreyttur gras- og blómgróður varð ríkjandi. Þegar árssveifla var orðin um 2 m en lítill munur milli ára, þ.e. fyrrisjánlegar aðstæður, urðu fábreyttar grasbreiður ríkjandi í fjörum. Þar sem árssveiflan var hins vegar lítil, <0,5 m en mikill breytileiki milli ára, 0,5–1 m, þ.e. ófyrrisjánlegar aðstæður, var gróður fremur fábreyttur og mest um skammlífar votlendis- og flagategundir sem endurnýja sig af fræforða. Í miðlunarlónum þar sem vatnsborðssveifla yfir árið var orðin meiri en 3 m og breytileiki milli ára meiri en 1 m var komið að þeim mörkum að plöntur voru ekki aðlagðar þeim aðstæðum og gátu ekki viðhaldið stofnum. Gróður þreifst þá aðeins við efstu strandmörk og var þar fremur um að ræða tegundir komnar úr gróðurlendum ofan strandar (Hill o.fl. 1998).

Johnson (2002) hefur lýst áhrifum vatnsmiðlana á fjölbreytni gróðurs á strandsvæðum við Missouri-fljót þar sem það fellur um norður- og miðhluta Bandaríkjanna. Til fljótsins renna bæði óbeislaðar og beislaðar þverár sem einnig var litið til. Fljótið sjálft er síðan mismikið hamið en í því eru stór miðlunarlón, minni miðlanir og veituskurðir. Að mati Johnson var fjölbreytni gróðurs mest á búsvæðum við óbeislaðar þverár. Úr henni dró þar sem miðlunar gætti í þverám og fljótinu. Minnst var fjölbreyntin á strandsvæðum stórra miðlunarlóna í fljótinu. Fram kemur að strandgróður hafi ekki náð að nema land í fjörum stærstu lónanna en eftir myndun þeirra drapst allur votlendisgróður sem þar var fyrir. Nýtt landnám plantna er

Því háð aðflutningi plöntuhluta og fræja. Þrátt fyrir að fræ nái oft að spíra eða aðfluttar plöntur að skjóta rótum þá kemur mikið öldurót í veg fyrir að þær komi sér fyrir og myndi gróðurþekju með tímanum. Miklum fjármunum hefur verið varið til að reyna að koma upp öldubrjótum og gróðri til að verja bakka en með litlum árangri. Það er aðeins inni á grunnum, lygnum víkum sem einhver gróður hefur náð að nema land af sjálfsdáðum. Oftast er þar um að ræða svæði við ósa þveráa eða lækjardraga sem viðhalda hárrí vatnsstöðu þegar lækkar í lónunum. Þessi svæði eru hins vegar örlítil hluti af heildarstrandlengju lónanna (Johnson 2002).

Gróðurrannsóknir okkar við Blöndulón beindust að landi ofan vatnsborðs en ekki var kannað hvernig gróðri í nýmynduðum fjörum eða á grynningum reiddi af. Sterkar vísbendingar fengust þó af þeim reitum sem lágu lægst á sniðum og úr landskoðun við lónið í gegnum árin. Almenn má segja að nær allt gróðurlendi sem fór undir vatnsborð lónsins hafi farið forgörðum (31.–32. mynd). Það er aðeins inni í grynstu víkum þar sem flóar eða mýrablettir með votlendisgróðir voru fyrir að gróður hefur ekki allur drepist í lónstæðinu. Stærsta svæðið sem þannig háttar til er botn Langaflóa. Þar sýgur fram vatn úr hæðunum að baki og grunnvatnsstaða er há árið um kring. Þegar farið er þar um að vorlagi má sjá að rýr deiglendisgróður viðhelst þar en hann fer undir vatn þegar lónið fyllist. Þar eru mosabreiður mest áberandi og kann að hluta að vera um nýtt landnám þeirra að ræða eftir að lónið myndaðist en greinilegt er að gamli flóagróðurinn hefur að mestu látið undan (43.–44. mynd). Aðstæður fyrir botni Langaflóa eru því keimlíkar þeim sem Johnson (2002) lýsir frá grunnum víkum. Þar er náttúruleg grunnvatnsstaða há og ársveifla verður miklu minni en almennt í lóninu. Hún er einnig innan þeirra marka sem gróður er talinn geta viðhaldist við samkvæmt framsetningu Hill o.fl. (1998).

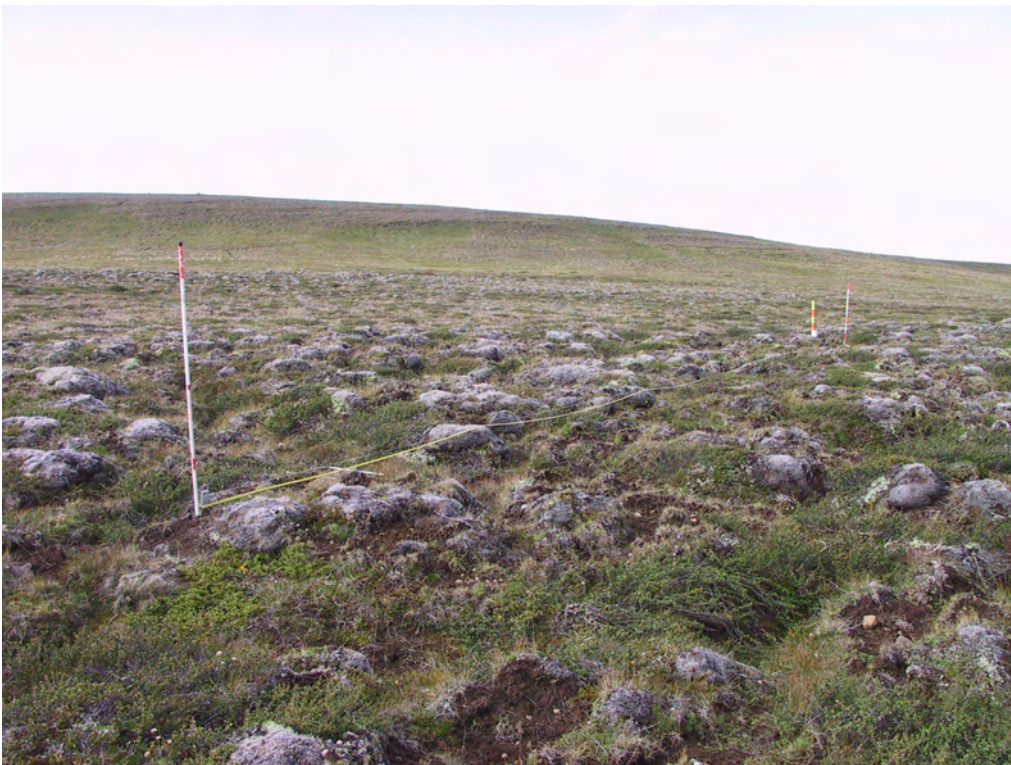
Við Lagarfljót hafa staðið yfir rannsóknir á gróðri á láglandissvæðum frá árinu 1976 í kjölfar þess að vatnsborð var hækkað með virkjun Lagarfoss árið 1975. Við það hækkaði meðalvatnsborð við Lagarfljótsbrú um 30 cm en 190 cm við Lagarfoss. Vatnsborðssveifla í fljótinu yfir árið er innan við 1 metri, hæst stendur vatn í júní og júlí á meginvaxtartíma gróðurs en lægst er hún að jafnaði í september og apríl hvert ár. Þá er miðað við ástand fljótsins fyrir tíma Kárahnjúkavirkjunar (Sigurður H. Magnússon o.fl. 1998, Sigurður H. Magnússon og Kristbjörn Egilsson 2008). Vatnsborðssveifla í fljótinu er því miklu minni en í Blöndulóni og vatnsborð er þar í hámarki mun fyrr að sumrinu og á svipuðum tíma og var við Blöndulón fyrir stækkun þess. Á flestum láglandissvæðum við Lagarfljót sem rannsökuð hafa verið hafa orðið breytingar á gróðri vegna hækkaðrar grunnvatnsstöðu. Tegundasamsetning hefur breyst, vísbending er um að háplöntutegundum hafi fækkað og þekja fléttna hefur minnkað. Dregið hefur úr þekju þurrlandistegunda en hlutdeild deig- og votlandistegunda aukist (Sigurður H. Magnússon o.fl. 1998, Sigurður H. Magnússon og Kristbjörn Egilsson 2008).

Gróðurbreytingar voru rannsakaðar við Stóraversvatn og Kvíslavatn austan Þjórsár vegna Kvíslaveitu. Þar hafa rennslistruflanir í veituskurðum að vetri valdið því að vötnin hafa bólgnað upp og vatnsborð náð hámarki og gróður farið undir vatn að vetrarlagi. Vatn hefur síðan sjatnað mishratt að vori, allt frá miðjum maí og fram í miðjan júlí (Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1993, 1994). Þar hafa plöntutegundir sýnt misjöfn viðbrögð við breyttum aðstæðum. Eindregnar þurrlandistegundir, svo sem lambagras, melablóm, músareyra og geldingahnappur, þoldu þær illa og létu fljótt undan síga og sumar hurfu úr gróðri. Aðrar tegundir þoldu þetta betur, urðu ekki fyrir jafnmiklum skakkaföllum eða sýndu lítil viðbrögð, þeirra á meðal voru kornsúra, hrafnaflífa, túnvingull, hálmgresi og grasvíðir. Aðeins ein tegund virtist færa sér þessar breyttu aðstæður í nyt og jókst í gróðri en það var naflagras (Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1993, 1994).

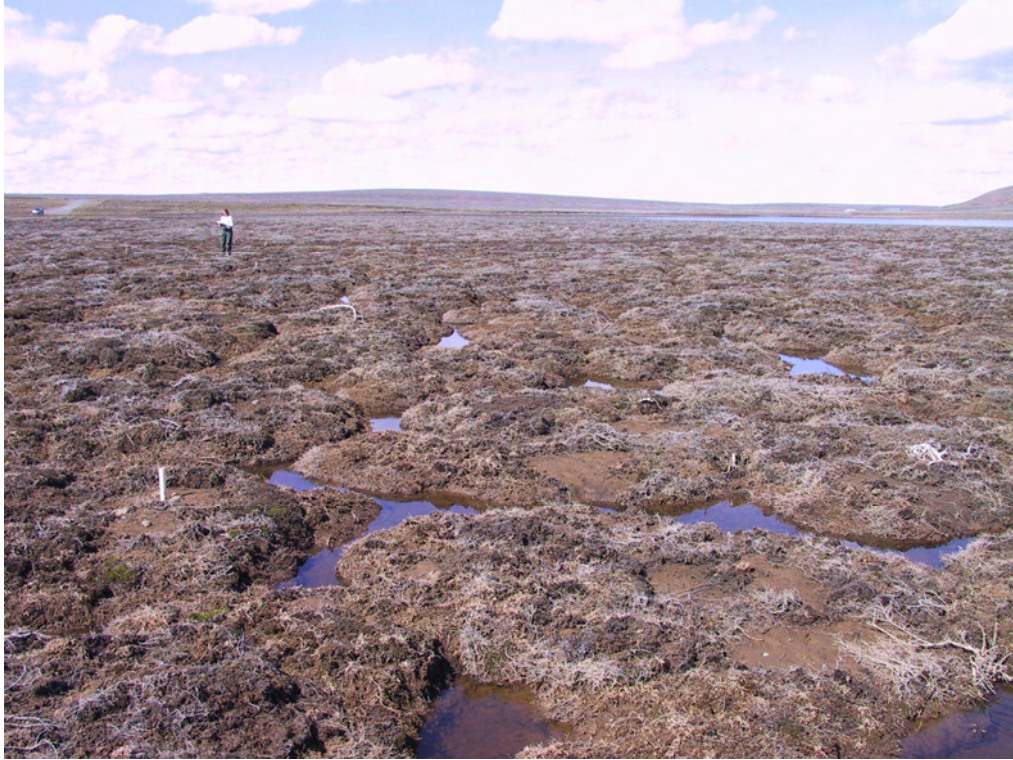
Niðurstöðum rannsókna við Blöndulón, Lagarfljót og í Kvíslaveitum virðist því um margt bera saman þegar litið er til áhrifa hækkaðrar jarðvatnsstöðu á gróður. Eindregnar þurrlendistegundir þola hana illa, þær viðkvæmustu, eins og fléttur og sumar melategundir, hverfa alveg úr landi sem blotnar mikið upp. Aðrar tegundir sem hafa víðara þolsvið og finnast bæði í þurrlendi og deiglendi verða ekki fyrir jafn miklum skakkaföllum og þrauka áfram, en votlendistegundir geta tekið að nema land eða fært út kvíarnar séu þær til staðar. Gerist það einkum ef vatnstaða er há yfir vaxtartímann, en ef land blotnar ekki upp fyrir en seint að sumri eða að hausti eru það hins vegar helst smávaxnar, skammlífar flagategundir sem færa sér breyttar aðstæður í nyt.



29. mynd. Frá sniði 1, mólendi sunnan við Áfangafell á Auðkúluheiði, horft niður til lóns frá efsta hluta sniðs. Áfangafell handan viku til vinstri. Lónborð er í 478,05 m y.s. Fjalldrapi, krækilyng, mosinn hraungambri og ljósar runnafléttur eru ríkjandi í gróðri. Ljós. Olga Kolbrún Vilmundardóttir, 21. ágúst 2006.



30. mynd. Frá sniði 1, reitur 1-1, um 100 m frá lóni og um 1,2 m ofan yfirfallshæðar lónsins. Landhalli er hér um 1%. Dýpstu lægðir í reitnum blotna upp á haustin eftir að lón fer á yfirfall en merkjanlegar gróðurbreytingar höfðu þó ekki orðið í reitnum árið 2006. Mosinn hraungambri og fjalldrapi setja hér mestan svip á landið. Ljós. Olga Kolbrún Vilmundardóttir, 21. ágúst 2006.



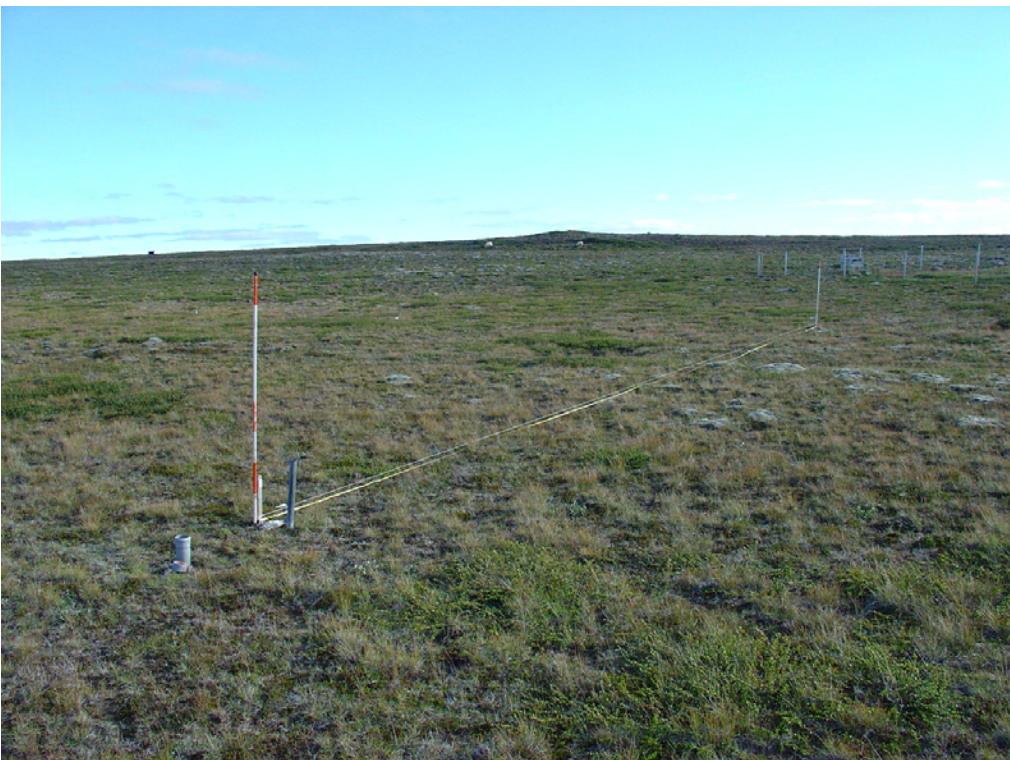
31. mynd. Frá sniði 1, gamall mólendisreitur (1-L1) sem var um 0,2 m neðan yfirfallshæðar og um 150 m frá strönd, reiturinn var mældur árin 1996 og 1999 en ekki 2006. Þegar myndin er tekin (2004) hafði nær allur gróður drepist á svæðinu, lónborð 476,75 m y.s. Leifar af gróðri og jarðvegi voru fremur lítið hreyfðar enda mjög aðgrunnt, landhalli er hér um 0,6%. Ljós. Borgþór Magnússon, 10. júní 2004.



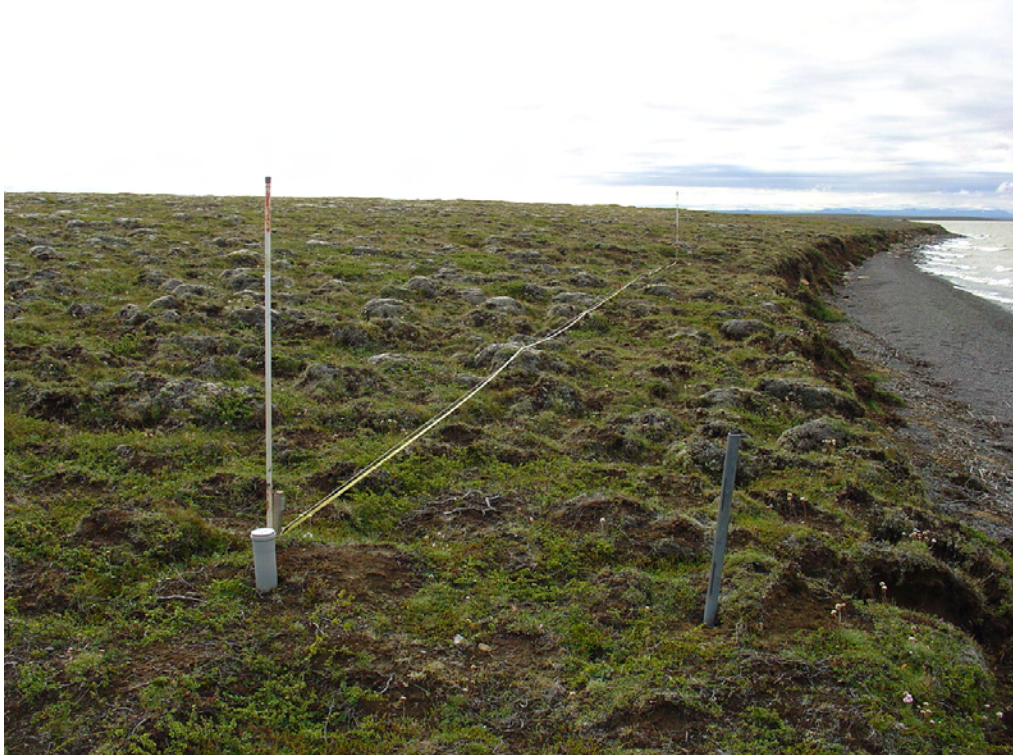
32. mynd. Frá sniði 1, gamall mólendisreitur (1-L2) sem var um 0,3 m neðan yfirfallshæðar og um 200 m frá strönd, reiturinn var mældur árin 1996 og 1999 en ekki 2006. Myndin sýnir að nær allur gróður hefur drepist og alda náð að skola meira af gróðri og jarðvegi burt. Ljós. Borgþór Magnússon, 10. júní 2004.



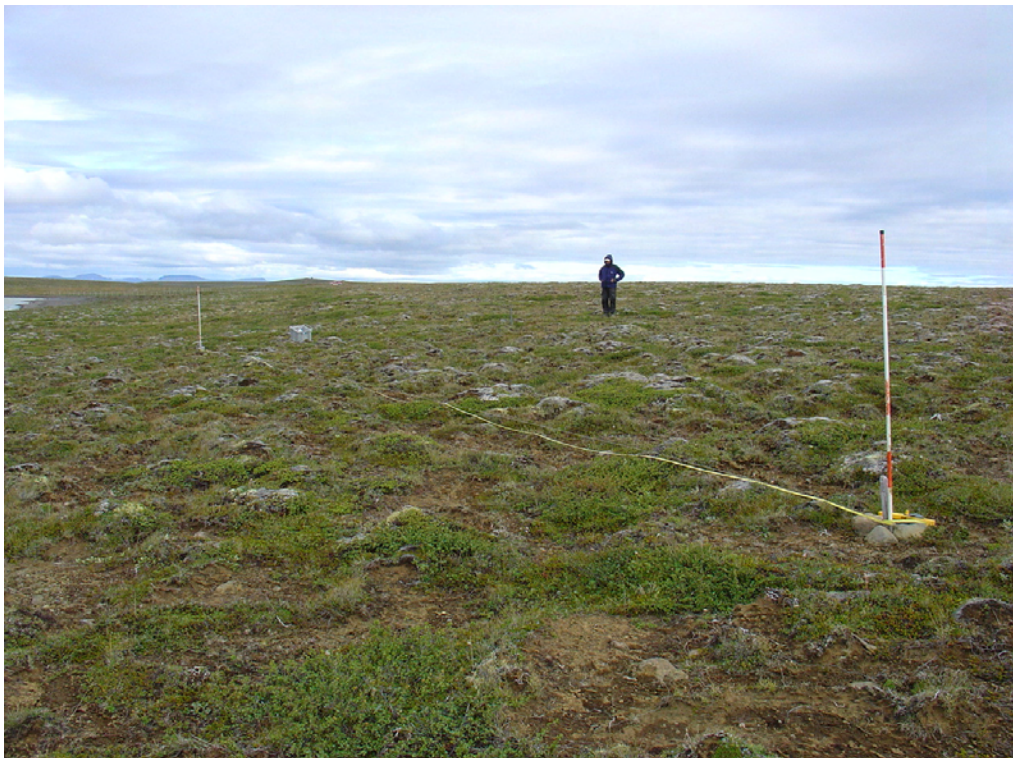
33. mynd. Frá sniði 2, mólendi á nesi milli Blöndustíflu og Kolkustíflu á Auðkúluheiði. Sniðið gengur upp frá botni Sandvíkur, neðsti reitur á sniðinu (2-1) er lengst til vinstri, lónborð 478,04 m y.s. Hér hefur hlaðist upp malarkambur fyrir botni víkurinnar, landhalli neðst á sniðinu er um 1,6%. Endurtekið sandfok hefur orðið hér fyrri hluta sumars frá 1998 þegar lágt er í lóninu. Afgirtur tilraunarreitir í sandfoksgeira sést handan malartungunnar, sjá nánar í 6. kafla. Ljósm. Olga Kolbrún Vilmundardóttir, samsett úr tveimur myndum, 22. ágúst 2006.



34. mynd. Frá sniði 2, reitur 2-1 um 40 m frá lóni og 1,0 m ofan yfirfallshæðar. Hér var jarðvegur mjög þéttur og blotnunar gætti ekki frá lóninu. Í kjölfar sandfoks upp úr víkinni 1998 dró lítilsháttar úr þekju lágplantna en að öðru leyti mældust litlar breytingar. Sniðið er í lægð þar sem snjóþyngra og rakara er en á landinu upp af. Móasef og þursaskegg setja hér svip á land ásamt fjalldrapa og krækilyngi. Ljósm. Olga Kolbrún Vilmundardóttir, 22. ágúst 2006.



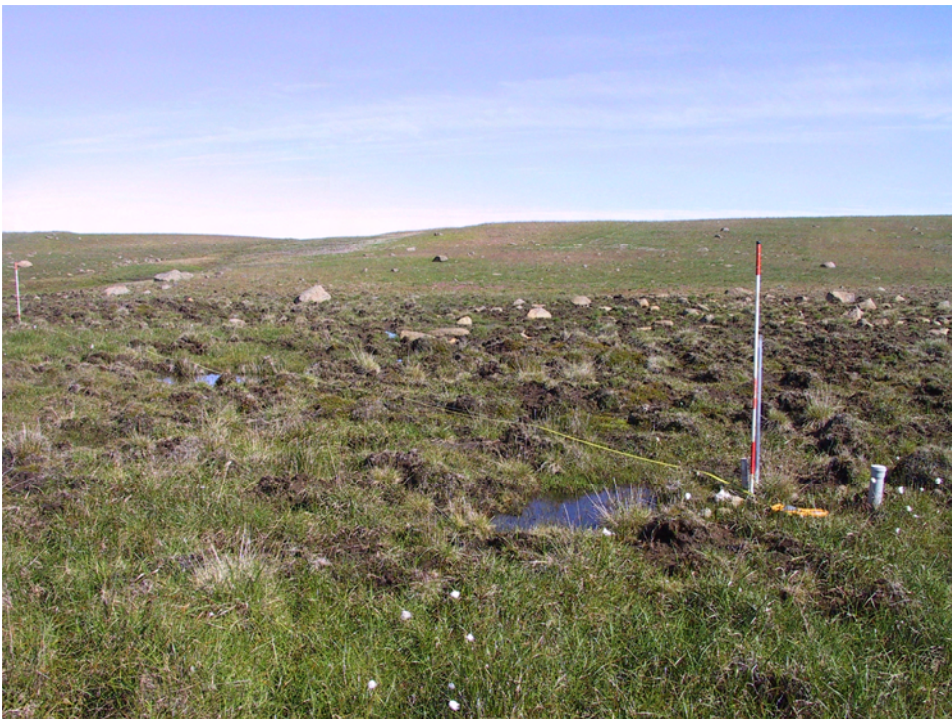
35. mynd. Frá sniði 3, mólendi út með Sandvík, reitur 3-2, um 2,5 m frá bakkabrún og 1,7 m ofan yfirfallshæðar. Hér gætti ekki blotnunar frá lóninu. Lónborð 478,04 m. Krækilyng, fjalldrapi og hraungambri eru ríkjandi í gróðri. Landhalli er um 6%, alda nær sér upp og hefur mótað bakka. Ljós. Olga Kolbrún Vilmundardóttir, 23. ágúst 2006.



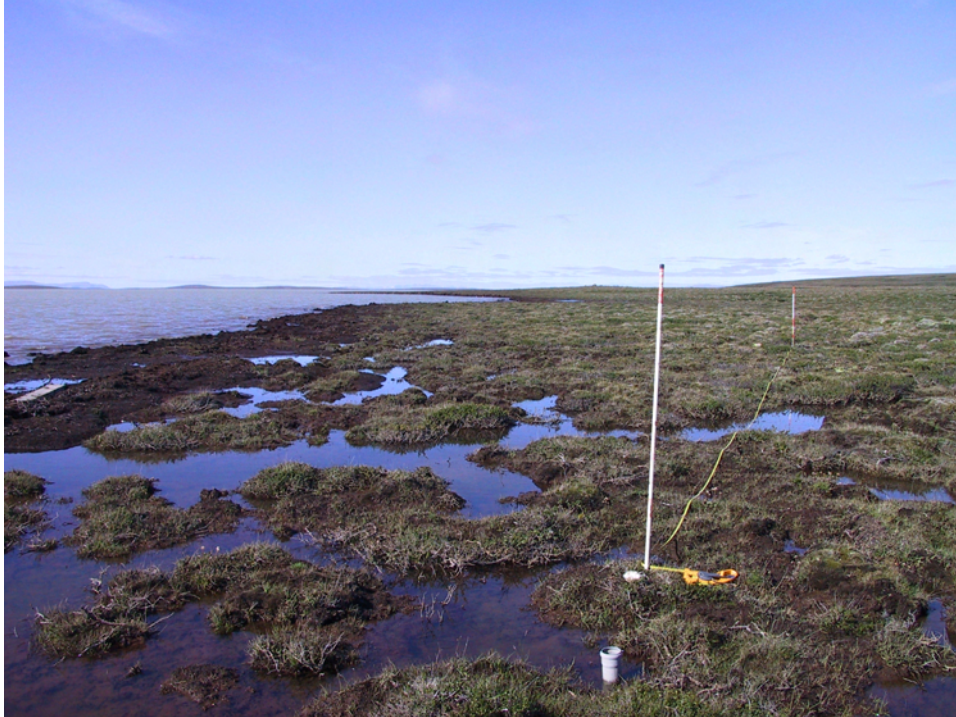
36. mynd. Frá sniði 3, reitur 3-3, um 13 m frá bakkabrún og 2,6 m ofan yfirfallshæðar. Hér gætti ekki blotnunar frá lóninu. Hér er komið upp í hæð þar sem áveðra er og nokkurt dílarof í mólendinu sem tengist ekki lóninu. Krækilyng, holtasóley, fjalldrapi og hraungambri eru ríkjandi í gróðri. Ljós. Olga Kolbrún Vilmundardóttir, 23. ágúst 2006.



37. mynd. Frá sniði 4, við Langaflóa á Eyvindarstaðaheiði, neðsti hluti sniðs. Jaðar af flóa sem fór undir vatn. Hér voru klófífa, hálmgresi og mýrastör ríkjandi árið 1996. Gróður hafði gisnað nokkuð skv. mælingum 1999 en þær voru ekki endurteknaar á þessum hluta sniðsins 2006. Í jaðrinum er landhalli um 0,9%, alda nær sér ekki upp og strandlína er lítt mótuð. Lónborð 478,08 m y.s. Ljósm. Olga Kolbrún Vilmundardóttir, 16. ágúst 2006.



38. mynd. Frá sniði 4, reitur 4-3, um 35 m frá lóni og um 0,0 m ofan yfirfallshæðar. Hér er flagmói við jaðar flóans og uppgræddur melur tekur við fyrir ofan. Í reitnum höfðu þurrlendistegundir hopað en votlendistegundir sótt í sig veðrið og gróður þéttst 2006. Breytingin var rakin til hækkaðrar grunnvatnsstöðu og áburðaráhrifa frá uppgræðslunni. Ljósm. Olga Kolbrún Vilmundardóttir, 16. ágúst 2006.



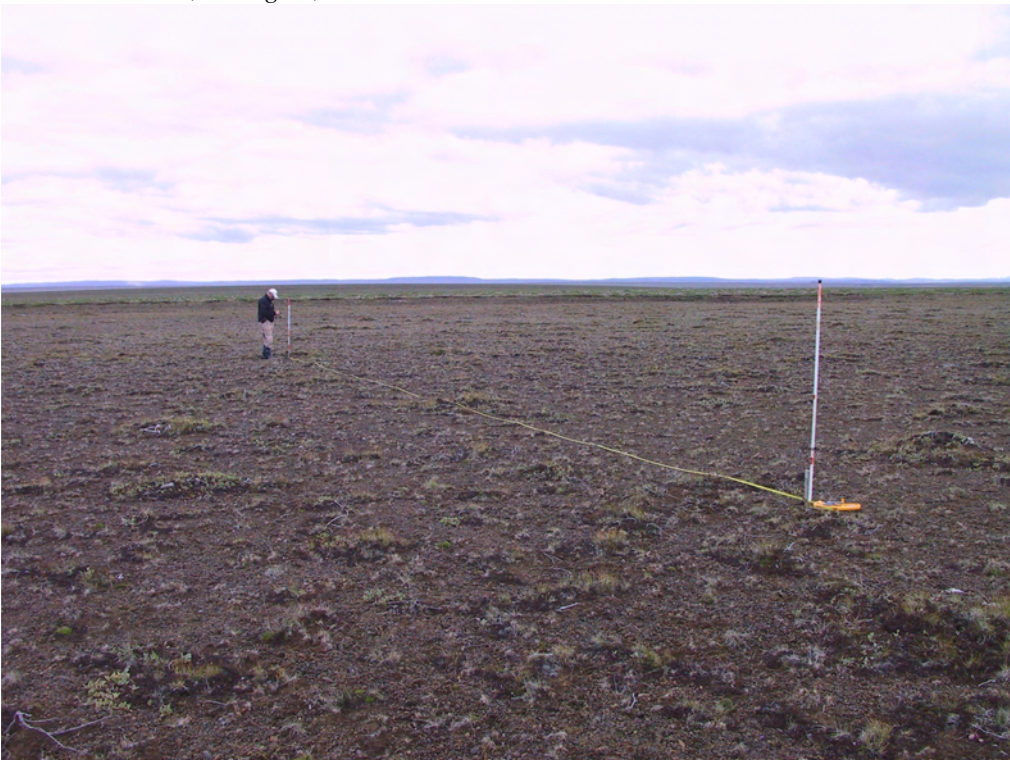
39. mynd. Frá sniði 5, neðan við Blönduvatn á Eyvindarstaðaheiði, reitur 5-0, um 8 m frá lóni og 0,1 m ofan yfirfallshæðar. Lónborð 478,06 m y.s. Landhalli er um 0,8% og strönd fremur lítið mótuð við sniðið. Lægðir fyllast af vatni og land forblotnar þegar lón fer á yfirfall. Eindregnar þurrlendistegundir voru horfnar úr reitnum árið 2006 og hafði tegundum fækkað talsvert. Gróður hefur drepist í lægðum en á þúfum hjara fjalldrapi, krækilyng, stinnastör, geldingahnappur, hraungambri o.fl. tegundir. Ljós. Olga Kolbrún Vilmundardóttir, 17. ágúst 2006.



40. mynd. Frá sniði 5, reitur 5-1, um 58 m frá lóni og 0,7 m ofan yfirfallshæðar. Dýpstu lægðir í reitnum blotna upp á haustin eftir að lón fer á yfirfall en merkjanlegar breytingar höfðu þó ekki orðið á gróðri 2006. Hér ríkja fjalldrapi, krækilyng og hraungambri. Ljós. Olga Kolbrún Vilmundardóttir, 17. ágúst 2006.



41. mynd. Frá sniði 6, á mel norðvestan Blöndutjarna á Auðkúluheiði, reitur 6-1, í fjöruborði lóns og við yfirfallshæð. Lónborð er í 478,05 m h.y.s. og landhalli er um 0,3%. Alda nær sér ekki upp og strandlína er ómótuð. Hér hafði háplöntutegundum fækkað um helming árið 2006 vegna blotnunar, landnám votlendistegunda var lítið sem ekkert en aðeins flagahnoðra varð vart. Ljós. Olga Kolbrún Vilmundardóttir, 17. ágúst, 2006.



42. mynd. Frá sniði 6, reitur 6-6, um 950 m frá lóni og 2,2 m ofan yfirfallshæðar. Hér var melurinn betur gróinn, en blotnunar frá lóninu gætti ekki og gróðurbreytinga varð ekki vart frá 1996 til 2006. Hér setja fléttan mundagrös, týtulíngresi og grávíðir mestan svip á landið. Ljós. Olga Kolbrún Vilmundardóttir 17. ágúst 2006.



43. mynd. Frá botni Langaflóa, undan sniði 4. Stærsta samfellda svæðið þar sem einhver gróður hefur viðhaldist á grynningum í lónstæðinu en náttúruleg grunnvatnsstaða er há í flóanum árið um kring. Hér var klóffíuflóa fyrir daga lónsins. Ljós. Borgþór Magnússon, 9. júní 2004.



44. mynd. Frá botni Langaflóa, undan sniði 4. Gróður á þúfnarimum og í lægðum hefur látið undan en mosabreiður viðhaldast þar á milli. Ljós. Borgþór Magnússon, 9. júní 2004.

5 ÖLDUROF OG SANDFOK

Kaflinn er að uppistöðu samantekt úr grein um öldurof og uppfok við Blöndulón 1997–2008:

Vilmundardóttir, O.K., Magnússon, B., Gísladóttir, G., Thorsteinsson, Th. 2010. Shoreline erosion and aeolian deposition along a recently formed hydro-electric reservoir, Blöndulón, Iceland. Geomorphology 114: 542–555.

Greinin birtist í tímaritinu *Geomorphology* (sjá 4. viðauka) en handrit hennar var hluti af MS-ritgerð Olgu Kolbrúnar Vilmundardóttur í landfræði við Háskóla Íslands árið 2009.

Að auki er í lok kaflans gerð grein fyrir mælingum á rofi úr bökkum haustið 2009 á föstum rofsniðum og athugunum á útbreiðslu sandfoks við lónið.

Meginmarkmið þessa þáttar rannsóknarinnar var að lýsa og mæla rof úr bökkum og gera grein fyrir rofferlum og öðrum umhverfisþáttum sem hafa áhrif á hraða landbrots. Jafnframt að kanna dreifingu á vindbornu seti upp frá ströndum lónsins ásamt tengslum við landslag og lónhæð, til þess að lýsa aðstæðum þar sem efni flyst með vindi upp frá fjörum.

5.1 Aðferðir

Landbrot var mælt á 16 föstum mælistöðum við lónið, á einum þeirra frá 1997 og á öllum 16 frá 2004–2007. Gerð var grein fyrir umhverfisþáttum við hvern rofmælistað með því að lýsa bökkum, þ.e. lausum jarðefnum, jarðvegi og gjóskulögum, hæð rofbakka og efni í fjöru. Landhalli var reiknaður út frá hæðarsniðum og hallastefna með landhæðarlíkani (DEM). Þá var ölduálag við strönd reiknað en það er gildi yfir þá orku sem flyst með öldu og skellur á strönd. Fyrir útreikninga þurfti aðdrag (lengd og stefna) og vindhraði að vera þekktur. Aðdragslínur voru útbúnar með 24 geislum út frá rofsniðum sem náðu lengstu vegalengd yfir óslitinn vatnsflöt og höfðu bæði lengdar- og stefnueigindi. Notuð voru klukkustundar-meðaltöl yfir vindhraða og -stefnu úr Kolkustöð en valdir voru þeir dagar sem lónhæð var $\geq 477,8$ m.y.s. Þá var notuð aðferð Ekeboom o.fl. (2003) til þess að reikna nauðsynleg gildi (H, T, E, P og C) og aðferð Tolvanen og Suominen (2005) til að reikna ölduálag (orka W, kWh/m strönd).

Sandfok upp frá fjörum lónsins hefur verið vakt að allt frá 1998 í vikum við norðan og vestanvert lónið. Útbreiðsla foksands var kortlögð hverju sinni sem ummerki um nýjan sand sáust á vettvangi. Heildarútbreiðsla foksands var kortlögð umhverfis allt lónið sumarið 2007. Þykkt sands var mæld á sniðum á vöktuðum vikum. Gerð var greining á landslagi þeirra svæða sem fokefni hefur sest til á. Halli og stefna lands, sem lá nákvæmlega undir fokefnunum, var reiknuð út frá landhæðarlíkani. Sýni af fokefnum, gjóskulögum og jökulárseti voru tekin til kornastærðargreiningar. Nánari útlistun á aðferðum er að finna í grein Vilmundardóttir o.fl. 2010.

5.2 Niðurstöður

5.2.1 Gerð bakka

Af heildarstrandlengju lónsins eru 71% bakka úr jökulruðningi, 21% úr jökulárseti, 4% úr árseti og votlendi er við 4–5% strandlínunnar. Af 16 mælisniðum eru 13 á bökkum úr jökulruðningi og 3 úr bökkum með jökulárseti (1. tafla). Í jökulruðningi ægði öllum kornastærðum saman, hnallungum, mól, sandi og siltkornum. Sumsstaðar var jökulruðningur nokkuð samlímdur. Jökulársetið var flokkað sem sendin mól, þar sem grófustu kornin voru >32 mm og

99,8% efnisins var sandur eða malarkorn (2. tafla). Í setið skorti algerlega korn af siltstærð og hafði litla samloðun.

Ofan á lausum jarðlögum var jarðvegur að meðaltali 0,5 m þykkur. Hann var þynnstur þar sem yfirborð var bert og þykkastur í órofnu mólendi með ríkulegum runnagróðri (1. tafla). Allt að fjögur áberandi gjóskulög voru í jarðveginum; efst var þykkt dökkt lag (3–10 cm), sem líklega er samsett úr blöndu eldgosa (Guðrún Larsen, munnlegar upplýsingar), þar undir eru þrjú ljóslituð lög úr Heklu (H3: 3–9 cm, H4: 3–6 cm og H5: 2–3 cm). Svæðis- og staðbundin þykkt og dreifing var breytileg (1. tafla). Sjaldan fundust öll gjóskulög í einu og sama jarðvegssniði en yfirleitt voru fleiri og heillegri lög í þykkari jarðvegi. Heildarþykkt gjósku í jarðvegssniðum var að meðaltali 7,1 cm en gat orðið allt að 20 cm (1. tafla). Gjóskan var aðallega úr sandi (87–95%) og siltkornum (6–13%, 2. tafla). H3 gjóskulagið var grófast með um 40% í 0,25–0,71 mm kornastærð.

Landhalli var fremur lítil við lónið. Halli var á bilinu 1–6% meðfram 45 km strandlengjunnar, >6% við 14 km strandarinnar og <1% meðfram 27 km strandlínu. Halli var meiri þar sem bakkar eru úr jökulruðningi samanborið við bakka úr jökulárseti. Hæð bakka tengdist halla en háir rofbakkar mynduðust við brattar strendur. Hallastefna er einkum til NA og SV. Meðallengd aðdrags var <1 km á skjólsælum stöðum og upp í 2,8 km á opnari svæðum. Mesta lengd aðdrags var 9,3 km (1. tafla).

3. tafla. Lýsing og gerð bakka við rofsnið

Snið	Laus jarðlög	Jarðvegs- dýpt (m)	Gjóskulög (cm)	Halli (%)	Stefna	Meðallengd aðdrags (km)	Lengsta aðdrag (km)	Stefna (°) í átt að lengsta aðdragi	Hæð bakka (m) 2008
R0	Jökulruðningur	0,57	20	6,7	SV	2,7	7,9	180	0,8
R1	Jökulruðningur	0,18	0	3,3	SV	2,8	7,8	180	2,3
R2	Jökulruðningur	0,5	4	5,4	NA	1,1	4,3	112,5	0,6
R3	Jökulruðningur	0,75	20	5,9	A	0,6	3,6	157,5	1,3
R4	Jökulruðningur	0,25	0	1,7	S	2,3	8,5	172,5	1,2
R5	Jökulruðningur	0,77	17	10,7	SV	2,2	7,8	172,5	1,4
R6	Jökulruðningur	0,38	>0	6,4	NA	2,6	9,0	135	1,3
R7	Jökulruðningur	0,6	>0	9,3	NA	2,6	5,4	105	2,2
R8	Jökulruðningur	0,71	13	23,4	A	2,8	5,2	97,5	2,6
R9	Jökulruðningur	0,51	>0	8,5	A	2,8	5,4	360	1,6
R10	Jökulruðningur	0,39	>0	8,2	A	2,6	4,7	75	1,2
R11	Jökulruðningur	1,01	15	13,7	SV	2,3	9,3	195	2,4
R12	Jökulruðningur	0,58	14	5,5	SV	1,9	9,3	172,5	0,8
R13	Jökulárset	0,42	8	0,4	V	1,9	7,5	330	0,8
R14	Jökulárset	0,25	3	3,1	V	1,5	4,2	322,5	2,2
R15	Jökulárset	0,45	>0	2,2	N	2,6	7,9	352,5	1,1

4. tafla. Kornastærð jökulársets, gjóskulaga og vindborins efnis við Blöndulón

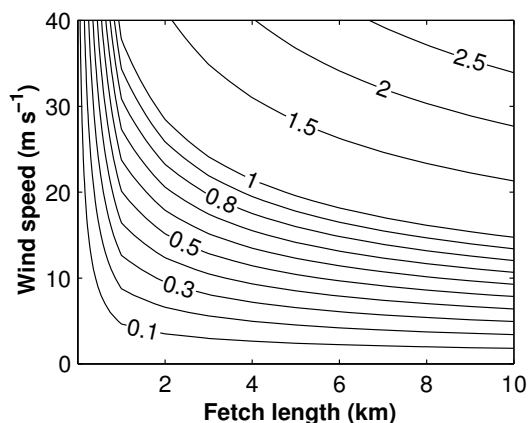
Staður	Efnisgerð	Lýsing á efni	Meðalkornastærð (μm)	Möl (%)	Sandur (%)	Silt (%)
<i>Jökulárset¹⁾</i>						
R14	Sendin möl	Sendin grófmöl	2511,0	51,7	48,0	0,3
R15	Sendin möl	Sendin finnmöl	2507,7	42,6	57,2	0,2
<i>Gjóskulög í jarðvegi</i>						
Dökkt gjóskulag (myndað úr nokkrum gosum)	²⁾ Sandur	Lítt sorteraður fínsandur	164,0	0,0	91,0	9,0
H3 (Hekla 1000–2000 BC)	³⁾ Sandur	Miðlungs sorteraður fínsandur	135,6	0,0	92,7	7,3
H4 (Hekla 2000–3000 BC)	²⁾ Moldugur sandur	Mjög grófur silt sandur	184,8	0,0	88,8	11,2
H5 + ógreint gjóskulag (Hekla 5000–6000 BC)	³⁾ Sandur	Lítt sorteraður fínsandur	191,0	0,0	92,8	7,2
	²⁾ Sandur	Miðlungs sorteraður örsandur	125,8	0,0	94,0	6,0
	³⁾ Sandur	Miðlungs sorteraður fínsandur	135,7	0,0	94,5	5,5
	²⁾ Moldugur sandur	Mjög grófur silt fínsandur	141,0	0,0	86,7	13,3
	³⁾ Sandur	Lítt sorteraður fínsandur	150,0	0,0	91,3	8,7
<i>Vindborið efni</i>						
Sandvík 1 ⁴⁾	Sandur	Miðlungs sorteraður sandur	293,6	0,0	99,6	0,4
Sandvík 2	Sandur	Vel sorteraður sandur	322,0	0,0	99,7	0,3
Sandvík 3	Sandur	Miðlungs sorteraður fínsandur	253,4	0,0	99,6	0,4
Sandvík 4	Sandur	Miðlungs sorteraður sandur	310,4	0,0	99,8	0,2
Sandvík 5	Sandur	Miðlungs sorteraður sandur	297,7	0,0	99,8	0,2
Sandvík 6	Sandur	Miðlungs sorteraður sandur	297,4	0,0	99,9	0,1
Rofsvæði við sunnanvert lón ⁵⁾	Sandur	Miðlungs sorteraður grófsandur	420,1	0,0	99,7	0,3

1) Niðurstöður sigtunar á sýnum úr jökulárseti við snið R14 og R15, (sýnataka við snið R13 var ekki möguleg vegna hárrar lónstöðu), gjóskulög í jarðvegssniðum við 2) snið R3 og 3) við snið R11, vindborið efni upp frá strönd lónsins í 4) Sandvík og frá 5) rofsvæðum við syðri hluta lónsins. (sjá frekari skýringar í Vilmundardóttir o.fl. 2010).

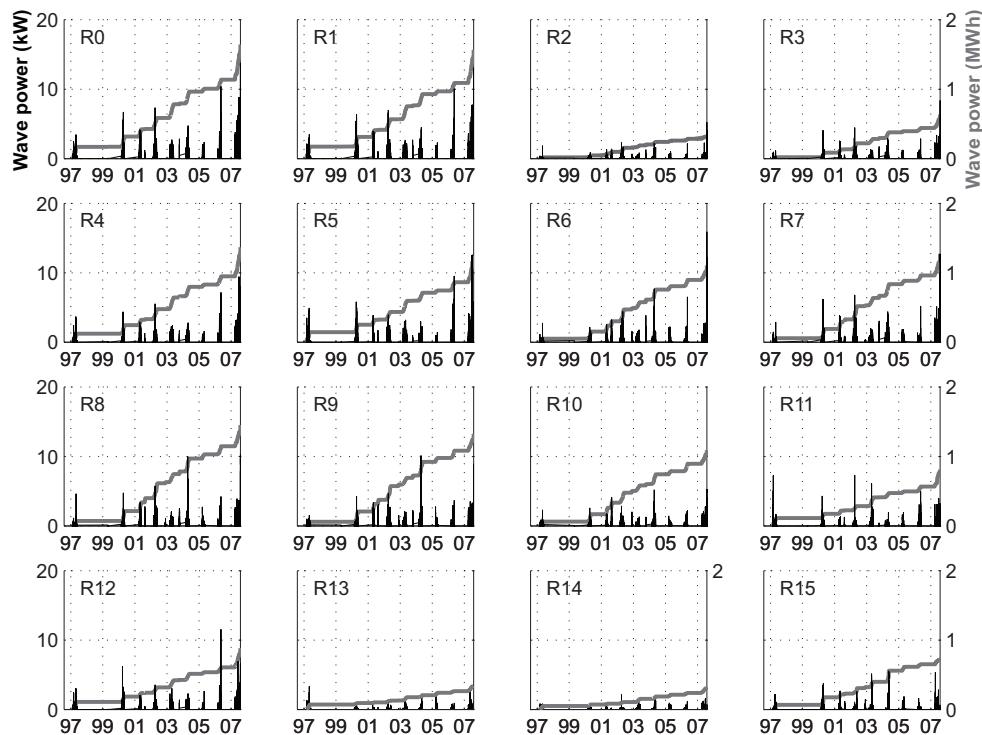
5.2.2 Sveiflur í ölduálagi

Vindhraði og lengd aðdrags hafa áhrif á öldumyndun í Blöndulóni (45. mynd). Stormar með vindhraða 20 m/sek eru algengir á svæðinu en þar sem aðdrag er um 3 km ættu um 0,8 m öldur að myndast. Það er í samræmi við athuganir á vettvangi í hvassviðrum. Í hvassasta storminum var meðalvindhraði 34 m/sek af suðaustri. Þar sem lengsta aðdrag af rofsniðum sem veit gegn vindáttinni er 9 km ættu um 2 m háar öldur að geta myndast samkvæmt líkaninu.

Reiknað ölduálag (kW) og uppsafnað ölduálag (MWh) fyrir hvert rofsnið sem fall af tíma er sýnt á 46. mynd. Hæsta uppsafnaða álagið er 1.6 MWh á sniði R0 og það lægsta er 0,32 MWh á sniði R14. Stærsti einstaki atburður var 15,8 kW að álagi á sniði R6 við 34 m/sek vindhraða. Stórir einstakir atburðir með háu ölduálagi sýna áberandi aukningu í uppsöfnuðu ölduálagi. Hins vegar mynda tíðir og hægir vindar smáar öldur sem hægt en örugglega hækka uppsafnað álag við rofsniðin.



45. mynd. Ölduhæð (m) sem fall af lengd aðdrags og vindhraða samkvæmt líkanútreikningum.



46. mynd. Ölduálags-atburðir (kW) og uppsafnað ölduálag (MWh) fyrir hvert rofsnið 1997–2007.

5.2.3 Rofhraði

Mælingar á sniði R0 ná aftur til ársins 1997. Staðsetning sniðsins er út með Sandvík. Bakkinn, sem er úr jökulruðningi, veit til suðvesturs með halla 6,7% (3. tafla). Meðallengd aðdrags er 2,7 km en lengsta aðdrag 7,9 km til suðurs. Landbrot mældist 1,3 m árið 1997 en ekkert mældist árið 1998 og 1999 þegar vatnsborð var lágt og lónið náði ekki yfirfallshæð. Árið 2000 mældist landbrot 0,4 m en árið 2001 mældist ekkert rof. Mesta rofið átti sér stað árið 2002 þegar það mældist 1,7 m. Árin 2003–2007 hægði mikið á landbroti en meðalrofhraði hefur verið <0,2 m á ári. Uppsafnað rof við R0 á tímabilinu 1997–2007 var 2,8 m sem gefur 0,3 m meðallandbrot á ári.

Landbrot við snið R0 var töluvert árin 1997, 2000 og 2002 en eftir það dró úr því þrátt fyrir áframhaldandi hátt ölduálag sem náði hámarki árið 2007 (47. mynd). Þegar atburðir með háu ölduálagi voru bornir saman við rofhraðann, fylgjast að atburðir árin 2000 og 2002 (~7 kW) við það mikla rof sem mældist á bakkanum. Hins vegar höfðu atburðir frá 2003–2007 lítil áhrif á rof bakkans.

Heildarrof á sniðunum 16 var að meðaltali 1,6 m eða 0,4 m á ári fyrir tímabilið 2004–2007. Uppsafnað ölduálag var hæst á sniðum við norðanvert lónið sem voru opin til suðurs. Einnig á vesturströndinni þar sem bakkar vita gegn aust- og norðaustlægum áttum (48. mynd, 3. tafla). Við snið R0–R1 og R4–R10 var rofhraði frá 0,1–1,5 m á ári (5. tafla). Sum árin varð lítið landbrot en önnur ár átti sér stað mikið landbrot úr bökkum. Þau ár sem landbrot varð mikið eiga sér oftast en ekki hliðstæðu í háu ölduálagi fyrir mælistaðinn. Á sniði R6 myndaði stormur 7,7 kW ölduálag árið 2004, sem olli landbroti upp á 1,5 m (vindhraði var 30,6 m/sek af austri). Við snið R12 mældist landbrot 0,6 m árið 2006 þegar ölduálag reis í 11,5 kW það sama ár (vindhraði 25,4 m/sek af suð-suðaustri). Á sumum sniðum var rofhraði lítill frá 2004 þrátt fyrir hátt ölduálag (t.d. R0, R5). Lítið rof á skjólgóðum sniðum var í samræmi við lágt uppsafnað ölduálag og lágorkuatburði (<5 kW, t.d. R2, R3).

Landbrot var mest á sniðum við suðaustanvert lónið á tímabilinu 2004–2007. Við snið R15 mældist heildarlandbrot 5,2 m eða 1,3 m á ári og á sniði R13 var heildarlandbrot 3,0 m með árlegt rof að meðaltali 0,7 m. Við mælisniðin er uppsafnað ölduálag lágt (<300 kWh) og einstaka atburðir yfirleitt aflitlir, sá hæsti varð <6 kW við snið R15 árið 2004. Mælistaðirnir einkennast af hallalitlu landi með jökulárset í jarðgrunni (x. tafla). Sama efnisgerð er í bakka við snið R14 en það er á gömlum rofbakka Blöndufarvegs nálægt áreyrum hennar. Lítið landbrot hefur orðið á R14 (0,2 m á ári).

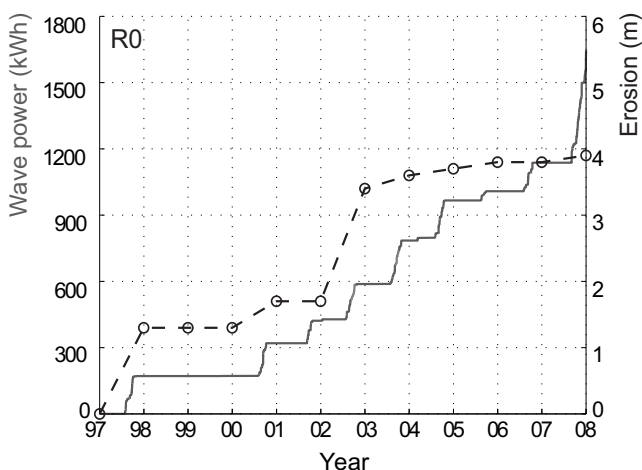
5. tafla. Árlegt landbrot úr bökkum (m) við rofsnið R0–R15. Staðsetning sniða er sýnd á 3. mynd.

Rofsnið	Ár ¹⁾												1997– 2003	2004– 2007	Meðalrof/ ár
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007				
R0	1,3	0,0	0,0	0,4	0,0	1,7	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	3,6	0,2	0,3 ²⁾	
R1	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	0,2	0,2	0,3	0,4	EM	1,1	0,3	
R2	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,0	0,1	0,1	-	0,5	0,1	
R3	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,0	0,2	0,2	-	0,7	0,2	
R4	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,2	0,1	1,4	-	2,0	0,5	
R5	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,0	0,0	0,1	-	0,2	0,1	
R6	-	-	-	-	-	-	-	1,5	0,3	0,1	0,2	-	2,1	0,5	
R7	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,2	0,2	0,3	-	1,1	0,3	
R8	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,2	0,1	0,2	-	1,1	0,3	
R9	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,5	0,2	0,7	-	1,7	0,4	
R10	-	-	-	-	-	-	-	0,9	0,3	0,0	0,2	-	1,4	0,3	
R11	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,4	0,1	0,3	-	1,3	0,3	
R12	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,1	0,6	0,2	-	0,9	0,2	
R13	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,0	1,3	1,1	-	3,0	0,7	
R14	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,2	0,0	0,5	-	0,9	0,2	
R15	-	-	-	-	-	-	-	3,0	0,5	0,2	1,6	-	5,2	1,3	
Meðallandbrot								0,6	0,2	0,2	0,5	-	1,5	0,4	

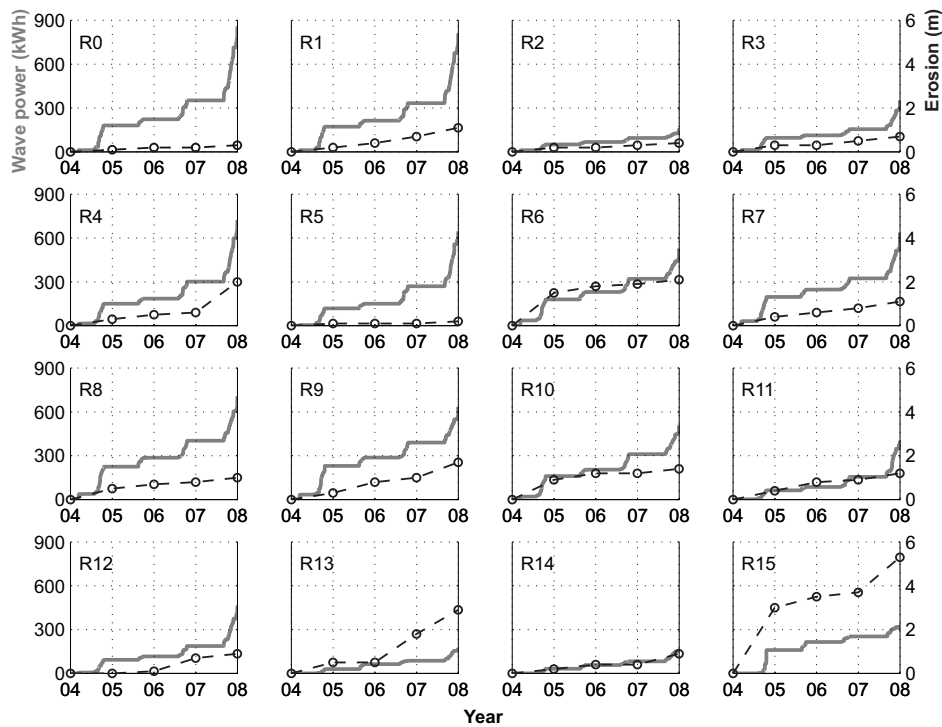
¹⁾ Árlegt landbrot (m) á rofsniðum R0 á tímabilinu 1997–2003 og á sniðum R0–R15 árin 2004–2007. Snið R0 var sett niður í júlí 1997 og R1–R15 í júní 2004.

²⁾ Ársmeðaltal 1997–2007.

EM: engar mælingar gerðar á landbroti.



47. mynd. Ölduáfl (kWh) og landbrot (m) fyrir rofsnið R0 á tímabilinu 1997–2007.



48. mynd. Ölduálag (kWh) og landbrot (m) fyrir snið R0–R15 2004–2007.

5.2.4 Dreifing fokefnis upp frá strönd

Fokefni hafði einkum borist upp frá strönd lónsins þar sem landslag var opið mót suðri, s.s. inni á víkum (49. mynd). Landslagsgreining sýndi að setmyndun var einkum bundin við svæði sem halla mót S–SV–V (83%, 50. mynd). Foksandur settist í minni hluta tilfella á svæði sem halla til NV–A (7,1%). Set safnaðist mest í hlíðar með halla 4–5% en minna þar sem halli var meiri en 8%. Mestur halli sem fokefni safnaðist í var 15–16%.

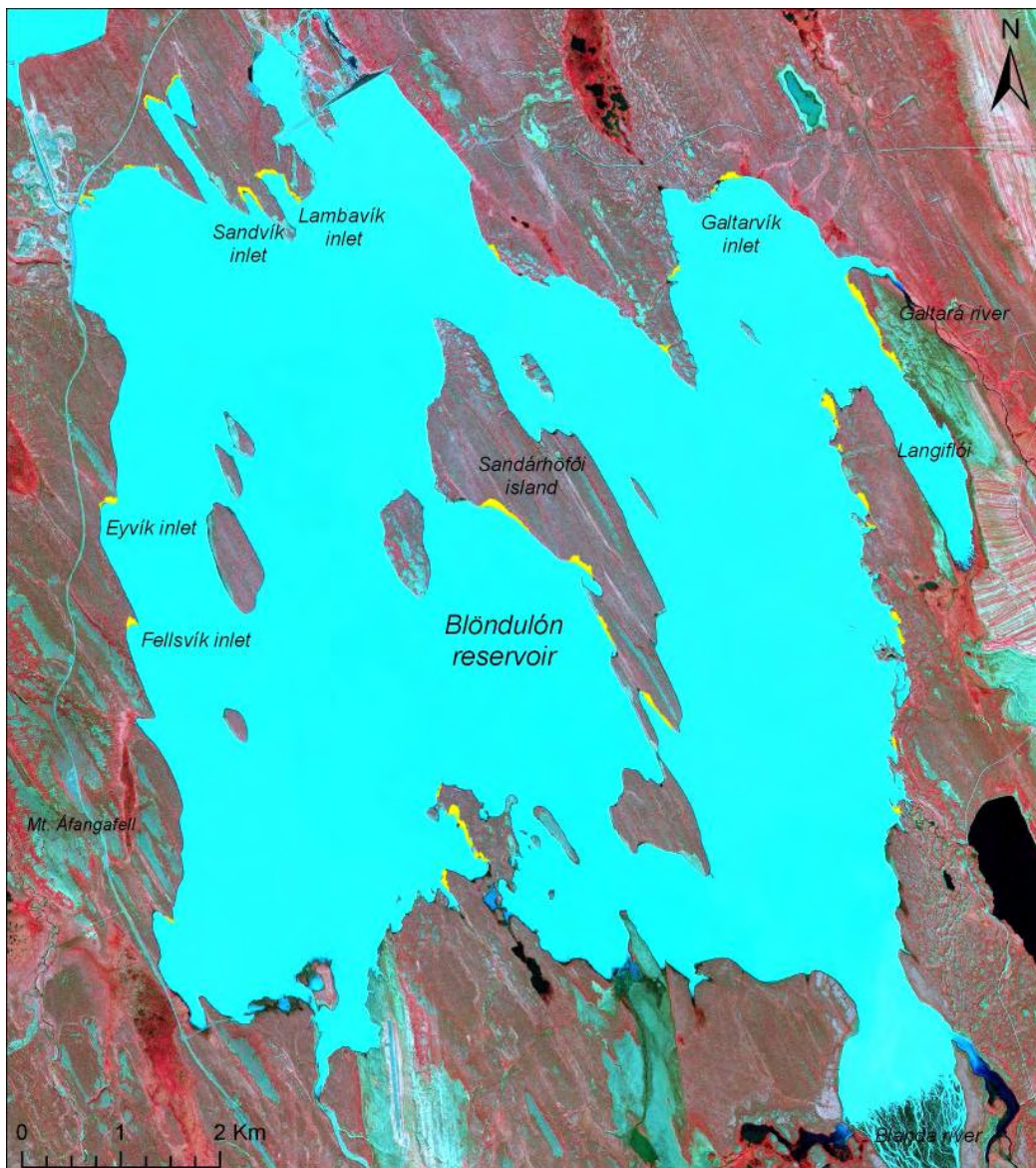
Foksandur þakti misstór svæði, allt frá nokkrum m² upp í 3 ha (30.000 m²). Útbreiðslan takmarkaðist að mestu við 100 m fjarlægð frá strönd. Lengsta, samfellda svæðið sem þakið var foksandi teygðist meira en 1 km meðfram strönd í Langaflóa en var mest aðeins um 70 m á breidd. Í júní 2008 þakti fokefni upp frá ströndum lónsins 21,2 ha lands (212.000 m²) í heild. Meðalþykkt efnisins var 5,2 cm (6. tafla) en setið var yfirleitt þykkast nær ströndu og þynntist er fjær dró frá lóni. Heildarrúmmál fokefnis sem sest hefur í gróður upp frá ströndum lónsins var því áætlað 11.000 m³ (0,052 m × 211.714 m²).

Endurtekið áfok hefur átt sér stað á víkum opnum til suðurs, einkum við norðan- og vestanvert lónið, þar sem vísir af áfoksgeirum hafa myndast. Áfok var fyrst skráð árið 1998 í Sandvík og þakti þá 0,39 ha (51. mynd). Eftir það hefur áfok á víkum verið vaktað og með vissu hefur komið upp foksandur árin 2000, 2003, 2004, 2005 og 2008. Fok er í júní og snemma í júlí þegar hvassviðri gerir með þurrum, suðlægum áttum. Sandgeirar sem myndast í sama veðri en á mismunandi stöðum hafa svipaða stefnu upp frá strönd, t.d. sandgeirar í Sandvík og Fellsvík árið 2000 og í öllum víkunum fjórum árið 2005.

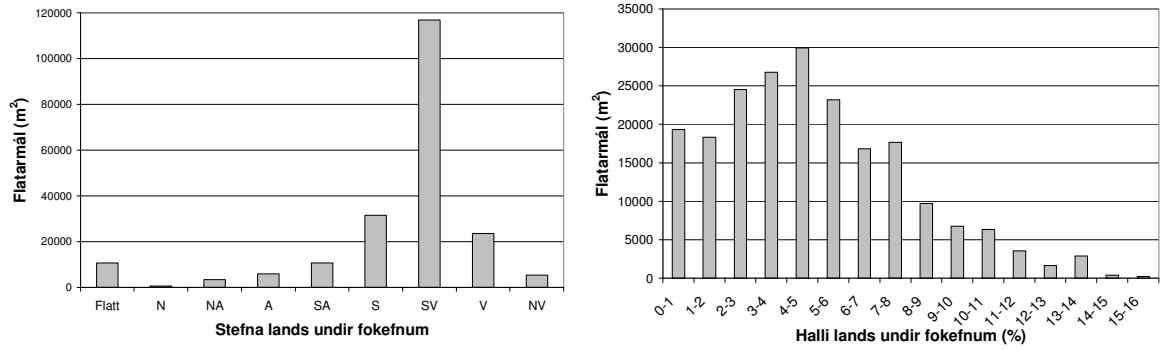
Yfirborð sandgeira var gárað (e. *wind ripples*) og litlar sandöldur (e. *coppice dunes*) mynduðust skjólmegin við fjalldrapabrúska og þúfur. Þykktin var mismunandi eftir undirlaginu; mest var hún í lögðum á milli þúfna, í vatnsrásum og við brekkurætur, en

minnst á þúfnakollum, lítið grónu landi og í jaðri sandgeiranna. Gróf og ljóslit gjóskukorn söfnuðust í lægðum í yfirborði foksandsins.

Fokefnið var aðallega úr miðlungs- til vel aðgreindum sandkornum (4. tafla). Meginhluti efnisins eða 50–80% var meðalgrófur sandur, 0,25–0,5 mm. Grófustu kornin voru 0,5–1,0 mm að stærð og höfðu þau 7–10% hlutdeild í kornadreifingu foksandsins. Kornin höfðu hrjúft yfirborð og litamunur var greinilegur eftir kornadreifingunni. Ljóslit korn voru ríkjandi í grófa hluta efnisins og liturinn dökknaði smám saman eftir því sem kornin urðu fínni. Gerð fokefnisins af rofsvæðinu sunnan Blöndulóns var 50% grófur sandur og 30% meðalgrófur sandur en hlutdeild grófari korna var meiri þar heldur en í áfoksgeirum við strönd lónsins.



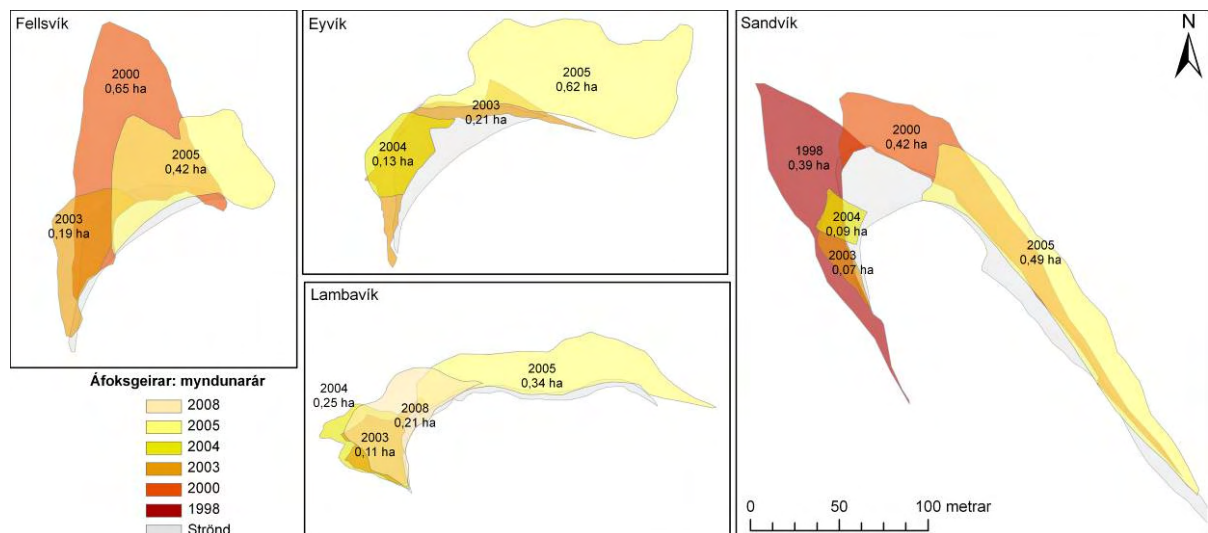
49. mynd. Útbreiðsla fokefnis upp frá ströndum Blöndulóns í júní 2008 (gulir flákar). © Spotimage.



50. mynd. Hlutfall lands undir foksandi flokkað eftir stefnu og halla. Stefna er flokkuð eftir höfuðáttum en halli með 1% bili.

6. tafla. Útbreiðsla, þykkt og rúmmál fokefnis upp frá ströndum Blöndulóns mæld á sex stöðum í júní 2007.

Staður	Fjöldi mælinga	Flatarmál (ha)	Meðalþykkt (cm)	Staðalskekkja	Mesta þykkt	Rúmmál (m³)
Sandvík	166	0,95	5,4	0,62	80	514
Lambavík	43	0,74	5,0	0,70	19	368
Fellsvík	148	0,55	6,9	0,55	35	378
Eyvík	85	0,68	4,3	0,53	23	293
Galtarvík	58	0,83	5,5	0,67	22	458
Langifló	163	3,08	3,8	0,31	19	1170
Meðaltal	111	1,26	5,2	0,56	33	530



51. mynd. Sandgeirar sem hafa myndast inn á vikum við norðan- og vestanvert Blöndulón. Við áfokstungurnar er gefið upp myndunarár og flatarmál í hekturum.

5.3 Umræður

5.3.1 Öldurof fyrstu árin eftir stækkun lóns

Niðurstöður okkar sýna að rof vegna öldugangs átti sér stað í einstaka hvassviðrum þegar lón er við yfirfallshæð og hvassir vindar fóru saman við langt aðdrag. Þetta er í samræmi við ályktanir Saint-Lorrain o.fl. (2001), sem leggja áherslu á mikilvægi aðdragslengdar og stormatíðni fyrir landbrot. Hvassviðri samtíma háu vatnsborði veldur áhlaðanda sem ýtir undir rof úr bökkum. Þá hækkar vatnsborð umtalsvert þeim megin lóns sem er undan vindi og öldur ganga nær rofbökkum (Lorang og Stanford 1993, Mickelson o.fl. 2004). Fyrst eftir myndun Blöndulóns var landbrot örast úr bökkum við norðan- og vestanvert lónið. Það endurspeglar hátt uppsafnað ölduálag, langt aðdrag til suð- og austlægra átta og tíða storma úr suðri og suðaustri þegar lónborð er hátt. Bakkar rofnuðu síðsumars eða að haustlagi einkum þar sem halli var talsverður (>5%) og þar mynduðust fljótlega háir rofbakkar. Á svæðum með jökulruðningi meðfram strönd hafa myndast stöðugir bakkar á því 12 ára tímabili sem rof hefur staðið yfir. Grjóthnullungar sem rofnað hafa úr jökulruðningnum virka nú eins og skjólgarður gegn öldugangi.

Bakkar við norðan- og vestanvert lónið hafa því þróast hratt í átt til jafnvægis. Víða hefur dregið úr rofhraða, bakkar eru orðnir stöðugri og standast hátt uppsafnað ölduálag. Við teljum að strönd og rofbakki séu að nálgast jafnvægi við snið R0. Skýringar má finna í landslaginu þar sem öldur hafa hlaðið upp malarströnd fyrir framan bakkann og hlífa honum gegn áframhaldandi rofi. Við snið R5 eru aðstæður svipaðar og þar mælist nú líka afar lítið rof. Önnur mælisnið við norðan- og vestanvert lónið hafa hærra rofhraða og frá 2004 hefur mælist allmikið rof á mörgum þeirra. Fyrstu fimm árin mátti því mæla landbrot í metrum en 5–10 árum síðar hefur rofhraðinn minnkað niður í <0,5 m á ári.

Rof er enn virkt frammi á nesjum sem nemur 0,3–0,5 m á ári (snið R0 og R4). Öldur flytja efni frá þessum stöðum og inn á vikur og eftir stendur stórgrýtt strönd. Joeckel og Diffendal (2004) hafa lýst svipuðum ferlum þar sem 20–80 m langir rofpallar (e. *erosion platforms*) hafa myndast út af nesjum og gefa til kynna langvarandi rof við slíkar aðstæður. Á skjólmeiri svæðum hefur orðið mun minna rof (snið R2 og R3) samanborið við staði með löngu aðdragi sem veit mót ríkjandi stormum þegar vatnsborð stendur hátt. Þar sem mýrlendi er við strönd hefur lítið sem ekkert rof orðið. Niðurstöður Matthíasar Loftssonar og Eiríks Freys Einarssonar (2007) sýna einnig fram á að fyrst eftir stækkun lónsins hafi landbrot verið örast við norðan- og sunnanvert lónið en skarpir rofbakkar eru greinanlegir á loftmyndum strax árið 1998.

5.3.2 Öldurof dregst á langinn

Frá árinu 2004 hefur mesta landbrotið átt sér stað við suðaustanvert lónið (snið R13 og R15, 4. mynd). Umhverfisaðstæður eru ólíkar þeim sem áður hafa verið ræddar, strönd hallar í átt frá ríkjandi vindáttum, landhalli er lítill og uppsafnað ölduálag lágt. Núverandi rofhraði er afleiðing lausbundins jökulársets sem myndar óstöðuga bakka sem veita litla mótstöðu gegn öldugangi þar sem það skortir stórgrýti og samloðun. Efnisgerð bakka er því mikilvægur áhrifaþáttur á þróun bakka í átt til jafnvægis. Við snið R15 fer langt aðdrag til norðurs saman við jökulárset í jarðgrunni, sem leiðir til þess að þarna mældist mesti rofhraði við lónið frá árinu 2004. Við snið R13 er uppsafnað ölduáfl það þriðja lægsta fyrir rofsniðin 16 (0,34 MWh). Þar dregur vatnsmettaður jarðgrunnur úr samloðun og stöðugleika bakkans þegar hátt er í lóni sem veldur hrúni úr bökkum og auðveldar öldu að rjúfa ströndina (Saint-Lorrain o.fl. 2001, Chen og Zhang 2001, Mickelson o.fl. 2004, Zhan o.fl. 2006).

Aðrar rannsóknir sýna að efnisgerð bakka við strönd ræður miklu um hversu stöðugir þeir eru. Bakkar úr jökulruðningi, sandi og mól, grjóti og mýrajarðvegi þykja vera stöðugir samanborið við bakka úr sendnu efni myndað úr árseti eða jökulárseti (Saint-Lorrain o.fl. 2001). Er þetta í samræmi við niðurstöður okkar. Jafnframt sýna mælingar okkar að rof getur orðið úr bökkum þar sem landi hallar mjög lítið og er nánast flatt, sem brýtur í bága við eldri rannsóknir á öldurofi við íslensk miðlunarlón. Hér er átt við svokallað Iowa-líkan en þar er gert ráð fyrir því að rof verði úr bökkum sem halla >7% fyrir fínkorna efni (Almenna verkfræðistofan 1997, Hönnun og VST 2001, Hönnun o.fl. 2001, Almenna verkfræðistofan 2002). Það er efnisgerð bakka frekar en landhalli sem ræður því hvort landbrot verði langvarandi. Frá virkjun Lagarfljóts hefur orðið langvarandi landbrot á hallalitlu landi með sendnu undirlagi svo nemur allt að 0,6 m á ári á tímabilinu 1975–2004 (Sigurður H. Magnússon og Kristbjörn Egilsson 2008). Dæmið frá Lagarfljóti sýnir að við því má búast að landbrot við suðaustanvert Blöndulón dragist á langinn.

5.3.3 Aðrir rofferlar

Næstu árin dregur að líkindum úr öldurofi er bakkar þróast nær jafnvægi. Hins vegar er líklegt að aðrir rofferlar verði áfram virkir, einkum í háum og opnum bökkum. Opin rofabörð í rofbökkum eru auðrofin af úrkomu sem hripar niður og í gegnum jarðveg. Þar sem jökulruðningur er þéttur í undirlagi getur myndast vatnsmettað jarðvegslag næst honum og að vori hafa sést ummerki um að allstórar spildur hafi skolast niður á ströndina með þessum hætti. Slíkt rof er einkum virkt á bökkum þar sem gróðurþekja er rýr eða slitrótt. Frost- og þíðuverkanir valda jarðvegsrofi í opnum bökkum og grafa undan gróðurþekju. Að endingu hrynja torfunar niður á ströndina og öldur skola gróðri og jarðvegi smám saman í burtu. Þessi efnisfærsla öldu er talin lengja þann tíma sem tekur bakka að ná jafnvægi (Saint-Lorrain o.fl. 2001, Lorang og Stanford 1993). Ekki hafa greinst ummerki um að ís hafi rofið bakka, enda iðulega lágt í lóninu þegar lónið er ísi lagt.

5.3.4 Sandfok úr fjörum

Endurtekið áfok hefur átt sér stað á vikum sem eru opnar til suðurs og safnast foksandur í hlíðar sem halla til suðlægra átta. Fokefnið er að mestu leyti úr sendinni gjósku sem er upprunnin í jarðvegi við lónið og öldur hafa rofið úr bökkum og flæðarmáli. Eiginleikar efnisins, litur, litamunur eftir kornastærð og hrjúft yfirborð korna gefur greinilega til kynna uppruna þess (sbr. Guttormur Sigbjarnarson 1969, Björn Jóhann Björnsson og Matthías Loftsson 2003). Endurtekið áfok úr vikum endurspeglar rof, setflutning og setmyndun í lóninu, þar sem efni úr bökkum flyst frá orkumeiri til orkuminni svæða, inn á vikur og grynningar þar sem ölduhæð er lítil. Þessum ferlum hafa t.d. Joeckel og Diffendal lýst (2004) en þeir lýsa vikum sem setsöfnunarstöðum þar sem fínefni sest til (52. mynd).

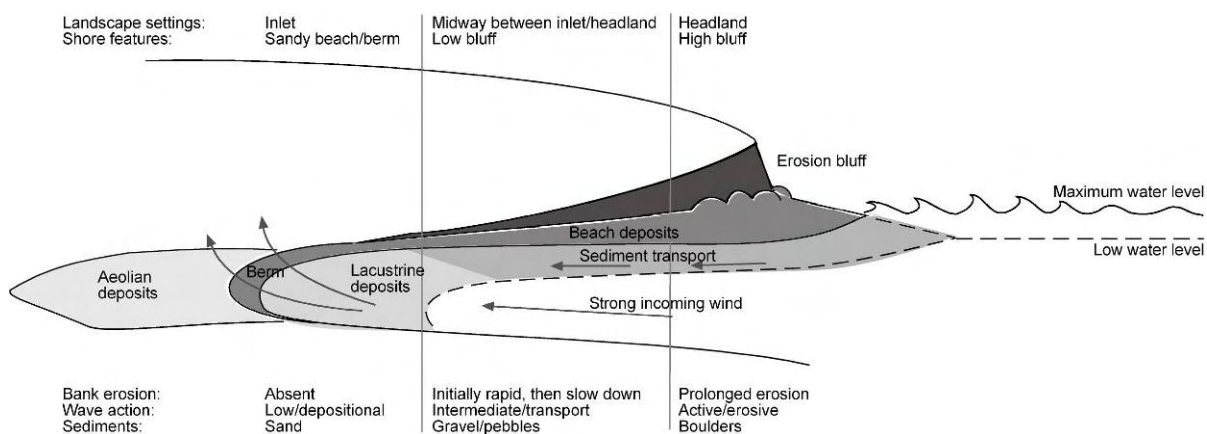
Áfok úr fjörum verður aðeins í hvössum og þurrum vindum þegar vatnsborð er lágt og efnið sem sest hefur á vikum er þurrt. Lögun og stefna sandgeira gefur til kynna ríkjandi vindátt þegar þær mynduðust. Vatnsborð Blöndulóns er lágt í júní og snemma í júlí þegar stormar af suðri eru alltíðir. Stærstu áfokstungurnar mynduðust árin 2000 og 2005 þegar mjög lágt var í lóninu. Árið 2000 er líklegt að hvassviðri um miðjan júlí hafi myndað tungurnar í Sandvík og Fellsvík, þegar 10 mínútna meðalvindhraði var 21,7 m/sek af suðri og vatnsborð 1,5 m undir yfirfallshæð. Snemma í júní 2005 urðu menn vitni að áfoki þegar stormur af suðvestri með 20 m/sek meðalvindhraða gekk yfir (Borgþór Magnússon o.fl. 2006). Mikið áfok varð í þessum sama stormi á stöðum sem áfoks hefur ekki orðið vart áður. Vindáttin var óvenju vestlæg og sandgeirar höfðu því nokkuð aðra stefnu en áður. Stærsta samfellda áfokssvæðið í Langaflóa myndaðist í þessum stormi en vatnsborð var afar lágt eða 4,4 m undir yfirfallshæð.

Niðurstöður sýna að fokefni sest einkum til í hlíðum með halla <8% með stefnu upp í vindátt. Á svipaðan máta álykta Gisladottir o.fl. (2005) að fokefni safnist aðallega í hlíðar

með 7–10% halla og hlíðar með >10% halla hefti framrás fokefnis. Sjaldan safnaðist fokefni í hlíðar sem vissu gegn norðri sem er líklega vegna þess að norðlægar vindáttir eru rakar og takmarka vindrof. Hríúft yfirborð, s.s. lægðir, þúfur og þykkur gróður safnaði í sig foksandi og takmarkaði útbreiðslu fokefna upp frá strönd.

Áfokstungurnar við Blöndulón eru vísir að myndun áfoksgeira. Líklegt er að þær renni saman og stækki og getur útbreiðsla þeirra smám saman aukist. Í sandgeira vantar fínefni sem heldur vatni og næringarefnum og af því leiðir að jarðvegur verður þurr og viðnám gróðurs gegn áfoki minnkar (Ólafur Arnalds og Fanney Ósk Gísladóttir 2001; Okin o.fl. 2001 og 2006). Þegar gróður eyðist undan þykkum foksandi verður jarðvegur óvarinn og af því leiðir sjálf nærandi ferli jarðvegsrofs.

Ef horft er til áætlaðs rúmmáls fokefnis sem sest hefur upp frá ströndum Blöndulóns (11.000 m³) og meðalþykkt gjósku í jarðvegi (7,1 cm) meðfram strönd, hafa a.m.k. 15,5 ha jarðvegs rofnað sem gerir 1,8 m landbrot að meðaltali meðfram 86 km langri strandlínunni. Mælingar okkar sýna að landbrot hafi verið meira en 1,8 m (sbr. 3,7 m við snið R0 1997–2007). Auk þess nær rof úr fjöruborði niður á 3 m dýpi sem bætir enn við magn gjósku sem losnar úr jarðvegi vegna öldurofs (Björn Jóhann Björnsson og Matthías Loftsson 2003). Því er ályktað að aðeins hluti þeirra gjósku sem hefur losnað úr jarðvegi í lónið hafi enn borist á land. Meira set geymist enn í lóninu og líklegt er að hætta á áfoki vari áfram þótt mjög dragi úr landbroti.

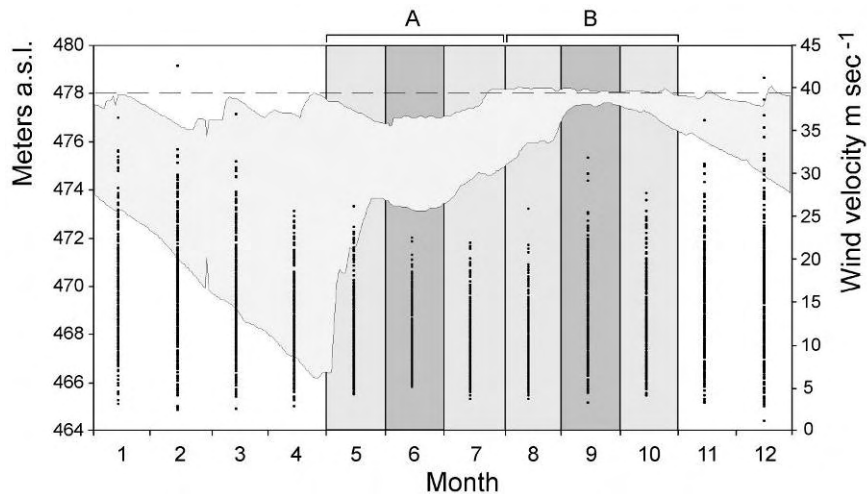


52. mynd. Skýringamynd sem sýnir hvernig landslag hefur áhrif á öldurof, setflutning í vatni og sandfok úr fjörum. Hér sést vík sem er opin mót tíðum, hvössum vindáttum, jökulruðningur er í jarðgrunni, halli er talsveður og stefna bakka veit mót vindi. Teikning Olga Kolbrún Vilmundardóttir.

5.3.5 Ályktanir

Landbrot og áfok eru afleiðing sveiflna í vatnsborði (53. mynd). Að vetri er vatnsborð lágt, það rís hratt að vori og í júní og júlí þegar fjörur eru á þurru er fokefni óvarið gegn vindi. Þetta ferli á sér aðeins stað í þurru hvassviðri er vatnsborð er lágt og möguleikarnir aukast eftir því sem vatnsborðssveifla yfir árið er meiri. Er lónið fyllist verður öldurof virkt síðsumars eða að hausti, einkum í hvassviðrum. Þegar 12 ár¹ eru liðin frá stækkun Blöndulóns ríkir þar enn rofskeið en vísbendingar eru um að jafnvægiskeið nálgist (Vogt 1978). Rof mun líklega áfram vera virkt við suðaustanvert lónið, yst á nesjum og úr háum bökkum. Breytt vatnshæðarmynstur lónsins getur haft áhrif á þessa þróun með því að lengja tímabil öldurofs og jafnframt stytta þann tíma sem áfok getur orðið úr fjörum. Áfokshætta getur þó varað áfram þótt dragi úr landbroti.

¹ Miðað er við mælingar til vors 2008.



53. mynd. Hæsta og lægsta vatnsborð Blöndulóns (skyggt svæði) og 10 mínútna meðalvindhraði fyrir hvern mánuð (punktar). Skyggtu súlurnar tákna þau tímabil þegar líkur á sandfoki úr fjörum (A) og öldurofi úr bökkum (B) eru miklar, þegar vindar og vatnsborð skapa slíkar aðstæður.

5.4 Athuganir ársins 2009

Gert hafði verið ráð fyrir að gagnaöflun við Blöndulón lyki 2008. Sumarið 2009 var vatnsborð lónsins óvenju lágt lengst af og þurrviðrasamt á svæðinu. Á hvasviðrisdögum bar á sandfoki úr fjörum og voru fluttar fréttir af því. Þar sem lokaskýrslu um rannsóknirnar var ekki fullunnin og verkefninu ekki formlega lokið var ákveðið að fara að lóninu til að kanna aðstæður.

Þann 21. júlí var farið á nokkra staði við lónið á Eyvindarstaðaheiði (neðan Blönduvatns) og Auðkúluheiði (víkur milli stíflna). Ummerki um sandfok voru könnuð og ljósmyndir teknar. Í ljós kom að talsvert sandfok hafði orðið fyrir um sumarið, a.m.k. upp frá Lambavík, Sandvík og Botnlangavík á Auðkúluheiði. Það kom hins vegar meira á óvart að sjá að mikil breyting hafði orðið á rofbökkum frá síðustu mælingu í júní 2008. Á nokkrum rofsniðum sem skoðuð voru virtist rof hafa orðið meira en áður hafði sést. Þetta gaf vísbendingu um að óvenjulegt hvasviðri með mikilli öldu á lóninu hefði gert á svæðinu síðla hausts 2008 þegar lónið var á yfirfalli. Í þessari ferð var hvorki tími né búnaður til að mæla upp rofsniðin við lónið. Því var ákveðið að gera aðra ferð að lóninu í lok sumars til að mæla rof á öllum fastsniðum og reyna að kortleggja útbreiðslu nýs sandfoks úr fjörum. Það var gert dagana 25.–26. ágúst með aðstoðarmanni frá Blöndustöð.

5.4.1 Öldurof 2008

Niðurstöður sýna að landbrot úr bökkum haustið 2008 hefur verið miklu meira en áður hefur mælst við Blöndulón. Kemur það bæði fram á sniði R0 við Sandvík sem hefur verið mælt allt frá árinu 1997 og einnig á öðrum sniðum sem sett voru upp umhverfis lónið og mæld hafa verið frá 2004 (7. tafla, 54. mynd). Þetta mikla rof kemur nokkuð á óvart en eins og rakið hefur verið að framan var talið að mesta landrofið væri gengið yfir og jafnvægisástand að nálgast. Greinilegt er að svo hefur ekki verið. Enn má því eiga von á að talsvert öldurof geti átt sér stað þegar saman fer mjög há lónhæð á yfirfalli og stórviðri. Slíkra aðstæðna er að vænta með nokkurra ára bili.

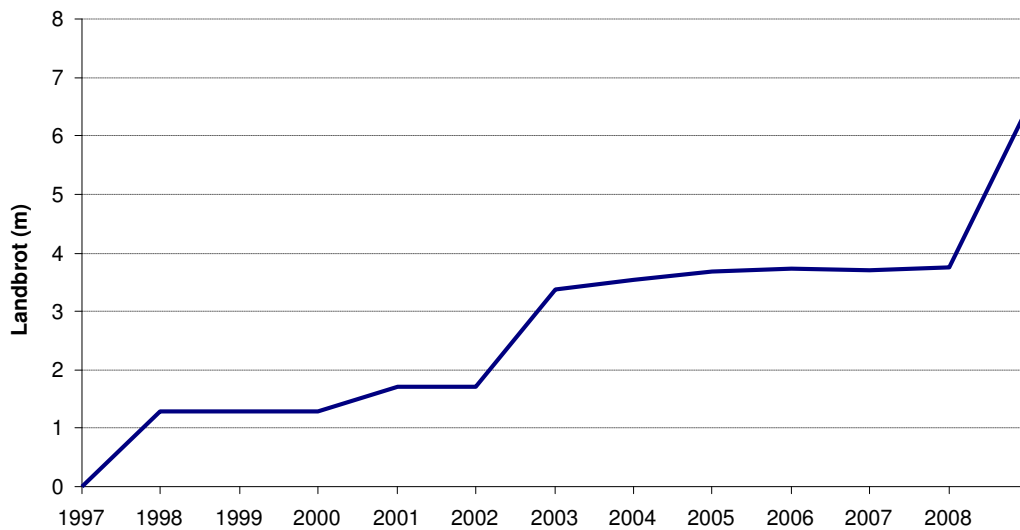
Landbrot á sniði R0 mældist 2,72 m árið 2008 sem er það langmesta frá upphafi en mest hafði það mælst 1,66 m árið 2002 og 1,28 m 1997 (5. tafla, 47. mynd). Þegar litið er til allra sniða undanfarin 5 ár nam meðalrof 1,55 m árið 2008 en áður hafði það mest mælst 0,77 m. Langmest var rofið 2008 á sniði R4 þar sem það mældist um 6 m. Sniðið er á norðurströnd

lónsins, á odda, sem gengur fram í lónið við Botnlangavík (4. mynd). Mikið rof, 2,5–3,3 m, mældist einnig á sniðum R0, R1, R2 og R12 sem eru á norðurströnd lónsins eins og snið R4 (4. mynd). Greinilegt er því að landbrotið hefur orðið í miklu sunnanveðri og líklega í einum og sama atburðinum. Þegar veðurgögn frá Kolkustöð og gögn um lónhæð 2008 eru skoðuð beinist athyglin að 17. september 2008. Þann dag var vatnsborð lónsins 478,21 m y.s. eða 20 cm yfir yfirfalli sem er við mestu flóðahámörk þess. Saman við þetta háa lónborð fór síðan mikið SSA hvassviðri (vindátt 156) en 10 mínútna vindhraði fór í 31,5 m/sek⁻¹ og í 40,8 m/sek⁻¹ í hviðum þennan dag. Til samanburðar má nefna að árið 2002 mældist mikið rof á sniði R0 en það var rakið til sunnanhvassviðris þann 1. september 2002. Þá náði 10 mínútna vindhraði í Kolkustöð 29,7 m/sek⁻¹ en lónborð var nálægt 478,10 m y.s. (Borgþór Magnússon 2003). Þetta bendir til að mun öflugri alda hafi byggst upp á lóninu árið 2008 en 2002 og brotið úr bökkum við norðanvert lónið. Nánari greining á veðurgögnunum og aðdragi fyrir einstök snið ætti gefa nánari vísbendingar um það.

Heildarstrandlengja Blöndulóns er um 86 km að eyjum frátöldum. Rofbakkar hafa myndast við mestan hluta strandarinnar að vestan, norðan og austan en við sunnanvert lónið er land hallalítið og strönd lítið mótuðu víðast hvar. Ef áætlað er að rofbakkar séu með um þremur fjórða hluta strandlengjunnar jafngildir það um 65 km. Meðallandbrot úr bökkum 2008 var 1,55 m sem jafngildir um 10 ha lands og heildarlandbrot frá árinu 2004 hefur því verið um 20 ha eða 0,2 km² samkvæmt þessum útreikningum. Sé horft aftur til stækkunar lónsins árið 1996 og mælinga á landbroti á sniði R0 frá 1997 er hér áætlað að heildarlandbrot frá þeim tíma nemi a.m.k. 0,4 km².

7. tafla. Árlegt landbrot úr bökkum (m) við rofsnið R0–R15, uppfærð gögn eftir mælingar 2009. Nánari skýringar eru gefnar í 5. töflu.

Rofsnið	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Heildarrof 2004–2008
R0	1,28	0,00	0,00	0,43	0,00	1,66	0,18	0,12	0,05	0,03	0,06	2,72	2,93
R1	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	0,20	0,23	0,25	0,41	2,48	3,58
R2	-	-	-	-	-	-	-	0,25	0,04	0,10	0,08	3,26	3,73
R3	-	-	-	-	-	-	-	0,29	0,05	0,15	0,16	0,85	1,50
R4	-	-	-	-	-	-	-	0,29	0,22	0,13	1,40	5,99	8,02
R5	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,03	0,02	0,12	1,39	1,60
R6	-	-	-	-	-	-	-	1,45	0,32	0,12	0,23	0,65	2,77
R7	-	-	-	-	-	-	-	0,36	0,24	0,16	0,34	0,10	1,19
R8	-	-	-	-	-	-	-	0,55	0,20	0,10	0,25	0,34	1,43
R9	-	-	-	-	-	-	-	0,32	0,45	0,20	0,69	0,27	1,93
R10	-	-	-	-	-	-	-	0,89	0,31	0,03	0,16	0,80	2,19
R11	-	-	-	-	-	-	-	0,44	0,38	0,14	0,30	0,79	2,04
R12	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,12	0,59	0,21	2,83	3,74
R13	-	-	-	-	-	-	-	0,49	0,02	1,33	1,14	1,70	4,68
R14	-	-	-	-	-	-	-	0,22	0,18	0,02	0,55	0,54	1,46
R15	-	-	-	-	-	-	-	3,01	0,45	0,21	6,20	0,08	9,95
Meðallandbrot								0,56	0,21	0,21	0,77	1,55	3,30



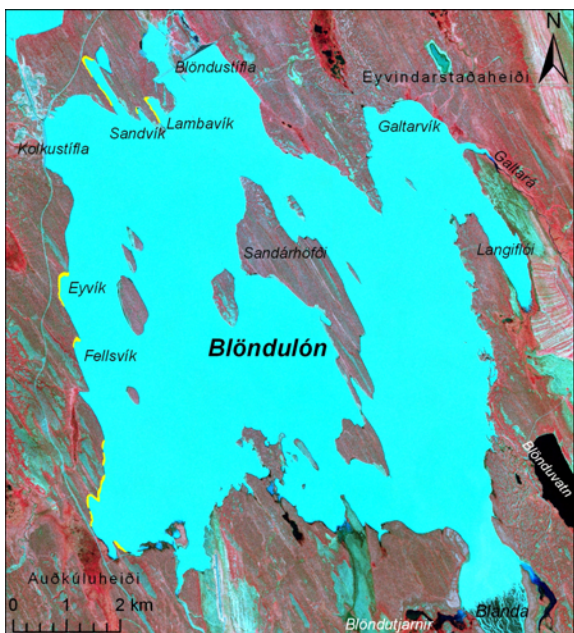
54. mynd. Þróun landbrots (m) á sniði R0 árin 1997–2008, uppfært eftir mælingar sumarið 2009. Staðsetning sniðs kemur fram á 4. mynd, sjá einnig ljósmyndir af þróun bakka á 59. mynd.

5.4.2 Kortlagning á sandfoki 2009

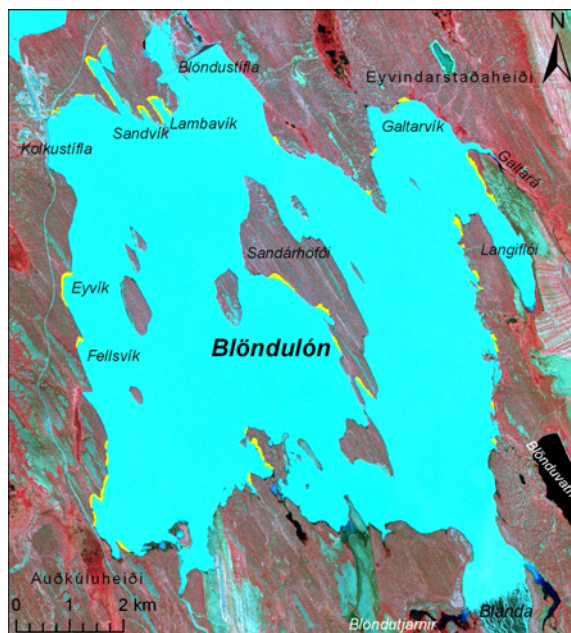
Í ferðinni að lóninu 25.–26. ágúst var lögð áhersla á að kortleggja útbreiðslu nýs sandfoks með norður- og vesturströnd lónsins en vísbendingar fyrr um sumarið bentu til að þar hefði mest fokið upp. Kortlagning fór fram með sama hætti og fyrr. Gengið var með efri mörkum sanddreifar og þau skráð inn á GPS-staðsetningartæki. Einnig var farið með mörkum gróðurlendis og strandar til að ákvarða neðri mörk ofan lónstæðis. Útlínur sanddreifar voru síðan færðar inn á eldra kort af sandfoksblettum með lóninu.

Með vesturströnd lónsins fannst talsvert af nýrri sanddreif frá sumrinu 2009 og einnig nokkuð á norðurströnd milli Kolkustíflu og Blöndustíflu. Sandurinn var allur með bökkum sem vita mót austri (55–58. mynd). Bendir það til að hann hafi fokið upp í einu og sama austanveðrinu, sem líklega hefur gert fyrir 21. júlí. Athugun á veðurgögnum frá Kolkustöð frá sumrinu 2009 benda til þess. Heildarflatarmál nýrrar sanddreifar mældist 9,6 ha og hefur sanddreif því alls verið mæld á um 29 ha ($0,3 \text{ km}^2$) meðfram lóninu og í Sandárhöfða (55. mynd). Ný sanddreif var mest með suðvesturströnd lónsins, í og norður af Áfangavík en þar hafði ekki orðið vart við sandfok áður. Alls var sanddreifin þar 4,1 ha að flatarmáli. Einnig var nokkuð af nýrri sanddreif í Fellsvík, Eyvík, Sandvík og Lambavík en þar hefur áður fokið upp sandur. Eins og fyrri ár var sandur í gróðurlendi þykkastur við strönd en þynntist eftir því sem ofar dró. Þar sem nýr sandur hafði fokið upp við suðvestanvert lónið 2009 voru víða allmiklir sandbunkar undir bökkum en þeir voru ekki kortlagðir.

Yfir 40 sandflákar, stórir og smáir (0,02–2,85 ha), hafa verið kortlagðir við lónið frá árinu 1998. Tíu þeirra eru meira en 1 ha að flatarmáli. Stærsti flákinn er yst í Langaflóa við Galtará (55. mynd). Dreifing sandfláka eftir svæðum við lónið er dregin saman í 8. töflu. Lega sandflákanna sýnir glögg að sandur hefur fokið upp undan suð-, vest- og austlægum áttum en ekki undan norðanstaðum vindum. Kemur það heim og saman við tíðni vindátta í hvassviðrum sem gerir á svæðinu að vor- og sumarlagi samkvæmt gögnum frá Kolkustöð (Borgþór Magnússon 2003). Einnig er norðanáttin þar köld og rök sem skapar síður aðstæður fyrir sandfok úr fjörum.



Nýr foksandur við Blöndulón sumar 2009



Foksandur við Blöndulón sumar 2009

55. mynd. Útbreiðsla nýrrar sanddreifar við Blöndulón 2009 (t.v.) og heildarútbreiðsla sanddreifar (t.h.) sem kortlögð hefur verið. Sanddreif er sýnd sem gulir flákar. Af eyjum í lóninu hefur Sandárhöfði einn verið kannaður.

8. tafla. Flatarmál sandfláka eftir svæðum við Blöndulón.

Svæði	Heildarflatarmál sandfláka (ha)
Vesturströnd (Sandá–Kolkustífla)	7,2
Norðurströnd (Kolkustífla–Galtará)	6,9
Austurströnd (Galtará–Blanda)	7,0
Suðurströnd (Blanda–Sandá)	2,9
Eyjar (Sandárhöfði)	4,8
Samtals	28,8



56. mynd. Frá Lambavík 21. júlí 2009, lónhæð 474,96 m y.s. Miklar fjörur eru á þurru og ný sanddreif hefur borist inn á mólendið undan austanvindi fyrr um sumarið. Ljós. Olga Kolbrún Vilmundardóttir, 21. júlí 2009).



57. mynd. Sandur undir rofbakka og uppi í mólendi við suðvesturströnd lónsins, norður af Áfangavík. Lónhæð 477,05 m y.s. Sandur hefur fokið upp undan austanátt fyrr um sumarið. Ljós. Borgþór Magnússon, 25. ágúst 2009.



58. mynd. Horft yfir sandflákann frá norðri, stærð hans ofan bakka mældist 0,3 ha. Ljós. Borgþór Magnússon.

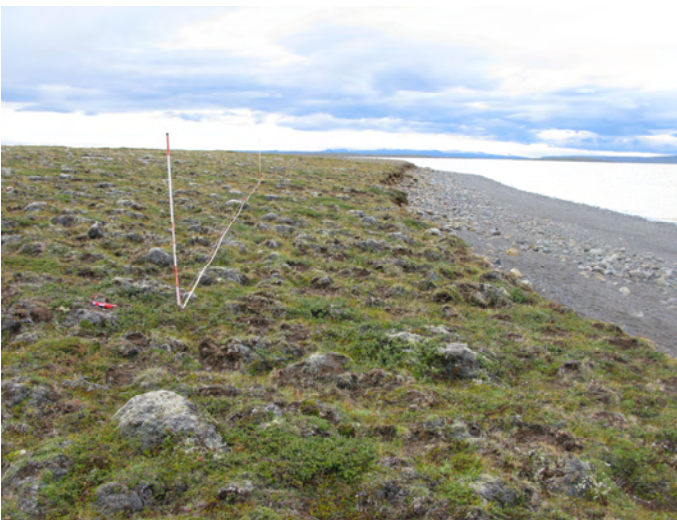
59. mynd, a–c. Þróun strandlínu á sniði R0 við Sandvík frá 1997 til 2009. Ljósmynd. Borgþór Magnússon.



59.a. 1997, 31. júlí, lónborð 478,15 m y.s., 15 cm yfir yfirfallshæð. Lón á yfirfalli í fyrsta sinn eftir stækkun, alda á lóni og bakkar byrjaðir að rofna. Rofsnið lagt út mælt í fyrsta sinn, 0-punktur tekinn. Gul brotalína sem dregin er inn á mynd út með strönd sýnir u.þ.b. legu strandlínu árið 2009 (sjá neðstu mynd).



59.b. 1999, 13. ágúst, lónborð 477,08 m y.s. Bakki hefur gengið inn um 1,28 m að meðaltali frá 1997. Strandlína innan við snið er nokkuð óregluleg með teyginga fram í fjöru.



59.c. 2009, 26. ágúst, lónborð 477,13 m y.s. Bakki hefur gengið inn um 5,20 m að meðaltali frá 1997, grunnlína hefur verið færð 5 m upp í land. Strönd hefur tekið á sig reglulegri mynd en 1999.

60. mynd, a–b. Strandmyndun í Sandvík, mismunandi myndir fjörunnar út (a) og inn með (b) víkinni. Myndirnar eru teknar frá sama stað skammt norðan við RO, 26. ágúst 2009, lónborð 477,13 m y.s. Ljós. Borgþór Magnússon.



60.a). Horft út með vík til suðurs að lóni. Stórgrýtt fjara og rofbakki út með strönd sýna að rofferlar eru enn virkir á þessum hluta strandarinnar. Slútandi torfur og niðurfallinn bakki næst til vinstri gefa til kynna mörk þar sem dregur úr krafti öldu og rofi úr bakkanum.



60.b). Horft inn með vík til norðurs frá lóni. Malarfjara tekur hér við, mynduð úr fínefni sem alda skolar frá rofsvæðum utar með ströndinni og inn í víkina þar sem það safnast fyrir. Breið, aflíðandi malarfjara hefur myndast sem ver bakkann rofi. Gróðurtorfur eru heilar og órofnar fram á malarkamb. Sprek uppi á bakkanum sýnir ummerki eftir hæsta lónborð og öldugang haustið 2008.

6 GRÓÐURFRAMVINDA Í FOKSANDI

Kaflinn er byggður á grein sem var hluti af MS-ritgerð Olgu Kolbrúnar Vilmundardóttur í landafræði við Háskóla Íslands árið 2009. Hún hefur einnig verið birt í tímaritinu Náttúrufræðingurinn (sjá viðauki 10.4):

Olga Kolbrún Vilmundardóttir, Borgþór Magnússon, Guðrún Gísladóttir og Sigurður H. Magnússon 2009. Áhrif sandfoks á mólendisgróður við Blöndulón. Náttúrufræðingurinn 78: 125–137.

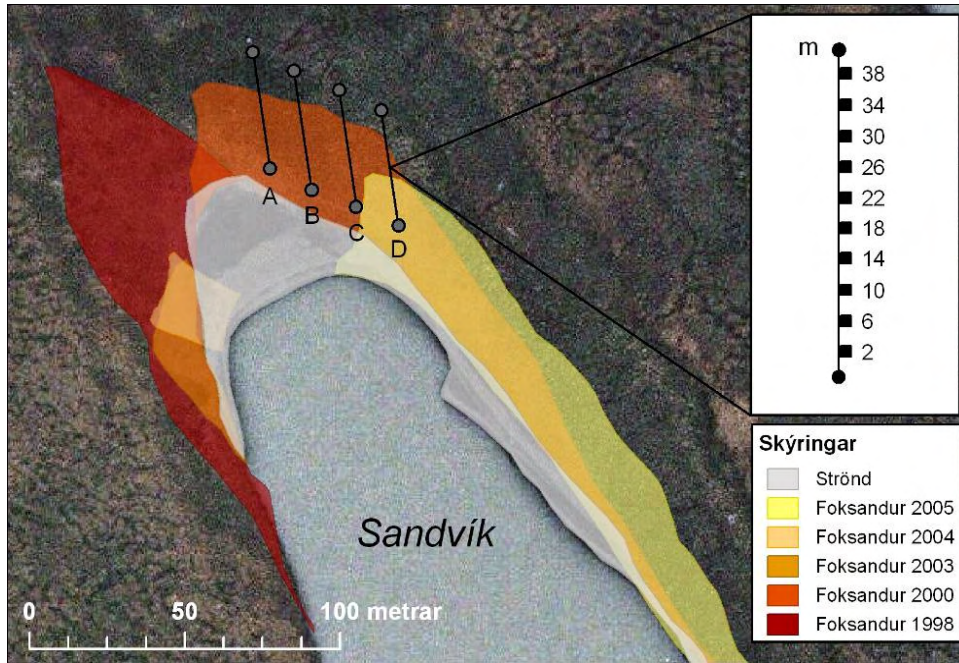
Markmið rannsóknarinnar var að kanna áhrif áfoks á gróður, þ.e. hvernig gróðurþekja, tegundasamstning og tegundafjöldi breytist undir misþykkum foksandi. Einnig að kanna hvort áburðargjöf nýtist til þess að draga úr neikvæðum áhrifum áfoks á gróður með því að styrkja gróðurþekju og flýta framvindu.

6.1 Aðferðir

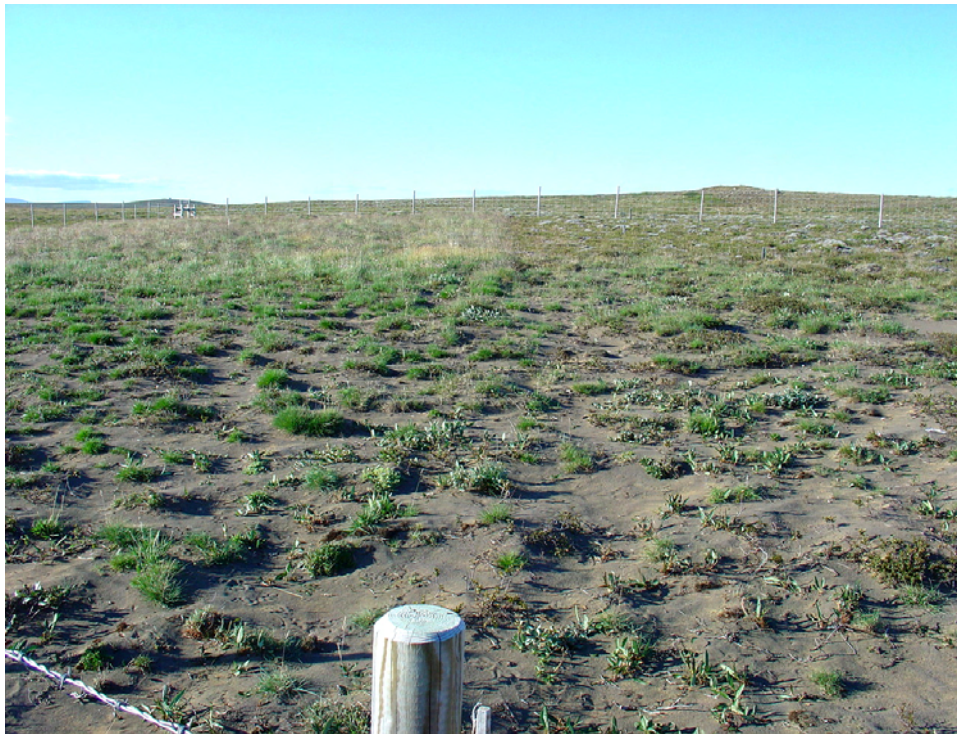
6.1.1 Gagnasöfnun

Sumarið 2003 voru lögð út fjögur samsíða snið (A, B, C og D) með 13 m millibili í áfoksgeiranum sem myndaðist árið 2000 í Sandvík (61. mynd) (Borgþór Magnússon o.fl. 2006). Sniðin voru sett fyrir u.þ.b. miðju sandgeirans eftir stefnu hans upp frá víkinni. Hvert snið var 40 m langt, með upphafspunkt 2–3 m ofan flóðmarka og þaðan áfram 6–8 m upp fyrir ystu dreifar sands (61. mynd). Á hvert snið voru lagðir út 10 smáreitir (75×75 cm) með 4 m bili, 2 til 38 m frá upphafspunkti sniðanna.

Haustið 2003 voru sniðin girt af til að hlífa reitum við umgengni og beit sauðfjár. Vorið 2004 var áburði dreift jafnt á snið A og B en tilviljun var látin ráða á hvorn helming sniðanna skyldi borið. Til þess að jafna dreifingu var afmarkað 40×25 m svæði umhverfis sniðin og því skipt niður í tuttugu 50 m² spildur (4×12,5 m). Á hverja spildu var síðan dreift 1 kg af Fjölmóða 1, sem er blandaður tvígildur áburður með köfnunarefni og fosfór (efnainnihald 26% N, 6,1% P, 2,5% Ca). Áburðarskammturinn jafngildir 200 kg/ha eða 52 kg N/ha, sem er nálægt hálfum túnskammti (Áslaug Helgadóttir og Þórdís A. Kristjánsdóttir 1993). Borið var á árlega í fyrri hluta júní frá 2004 til 2007.

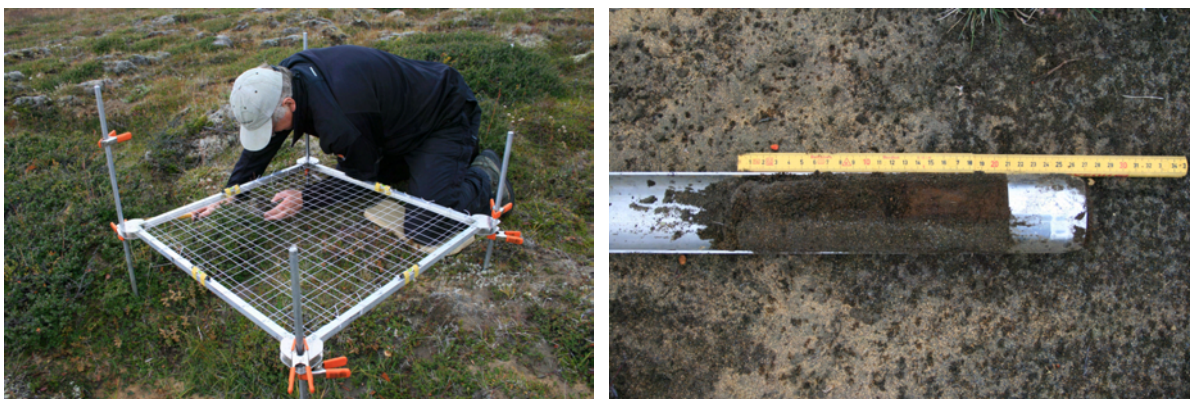


61. mynd. Gróðursniðin fjögur (A–D) sem lögð voru út í Sandvík árið 2003 í áfoksgeira sem myndaðist árið 2000. Foksandur lagðist aftur yfir hluta svæðisins árið 2005. Á hverju sniði eru 10 smáreitir með 4 m millibili. Myndin er breytt frá Borgþór Magnússyni o.fl. 2004



62. mynd. Yfirlit yfir rannsóknasvæðið í Sandvík í ágúst 2006. Áborin snið eru til vinstri á myndinni en óáborin snið til hægri, sjá má skilin á miðri mynd. Girt var um gróðursniðin haustið 2003. Ljósmynd. Borgþór Magnússon, ágúst 2006

Gróðurmælingar fóru fram í síðari hluta ágúst 2003 og aftur 2007. Í hverjum smáreit var gróður mældur með oddamælingu með því að nota svonefndan ITEX-ramma (63. mynd t.v.) (Walker 1996). Hann er með tvöföldu strengjaneti og 100 punktum. Í hverjum punkti var plöntutegund skráð í tveimur lögum, þ.e. í efra gróðurlagi og við jörð. Sandur var skráður við yfirborð. Þar sem gróður var mikill gat samanlögð gróðurþekja í báðum lögum farið yfir 100%. Háplöntur voru greindar til tegunda skv. íslensku plöntuhandbókinni (Hörður Kristinsson 1998) þegar því var við komið, annars var ættkvíslin greind. Fimm tegundir mosa og sex tegundir fléttna voru greindar og aðrar tegundir skráðar sem „mosi“ eða „flétta“. Staðsetning smáreitanna var merkt með fjórum hornhælum til að minnka skekkju á mælingum milli ára. Í fyrri og seinni mælingu var sandþykkt mæld með jarðvegsbor (5 cm þvermál) fast utan við hvern reit fyrir miðju hverrar hliðar, alls fjórar mælingar við hvern reit (63. mynd t.h.). Í seinni mælingu var hliðrað réttisælis um 10–15 cm til að fyrri mæling hefði ekki áhrif. Jarðvegs skjarni var settur á sinn stað eftir mælingu.



63. mynd. ITEX-rammi var notaður við gróðurmælingar. Hann er með tvöföldu strengjaneti og 100 mælipunktum (t.v.). Sandþykkt var mæld í fjórum jarðvegs skjörnum fast við hverja hlið reita (t.h.). Ljós. Olga Kolbrún Vilmundardóttir, ágúst 2007.

6.1.2 Úrvinnsla

Breyting á sandþykkt (2003–2007) var borin saman með t-prófun fyrir þöruð gildi, annars vegar fyrir óáborið og hins vegar áborið land.

Við úrvinnslu gróðurgagna var beitt fjölbreytugreiningu á þekjugögn frá árunum 2003 og 2007, alls 80 reiti. Fyrir greiningu var öllum þekjugildum umbreytt þannig að tekin var af þeim kvaðratrót. Gögnin voru flokkuð með TWINSPAN-flokkun (Hill 1979a), sem er í PC-ORD forritasafninu, og notuð aðferð sem dregur úr vægi sjaldgæfra tegunda (McCune og Mefford 1999). TWINSPAN-flokkun byggir á því að reitum er skipt niður í smærri hópa eftir skyldleika gróðurs og gefur jafnframt einkennistegundir við hverja skiptingu. Auk flokkunar var beitt DCA-hnitun (Hill 1979b) og byggist hún á sömu gögnum og flokkunin. Greiningin sýnir fram á gróðurfarsbreytileika og tengsl hans við ríkjandi umhverfisþætti.

Samband sandþykktar, heildargróðurþekju og tegundafjölda í reit (2003–2007) við staðsetningu á hnitunarásum var kannað með línulegri aðhvarfsgreiningu.

Áhrif sandþykktar á tegundafjölda í reitum 2007, heildarþekju og þekju nokkurra tegunda voru könnuð með línulegri aðhvarfsgreiningu. Annars vegar fyrir óáborið og hins vegar fyrir áborið land. Fyrir greiningu var gögnum log (1+x) umbreytt. Greining var aðeins gerð fyrir þær tegundir sem fundust í átta eða fleiri reitum, annað hvort á óábornu eða ábornu landi. Gerð var greining á áhrifum sandþykktar á loðvíði þrátt fyrir að hann fyndist í færri reitum.

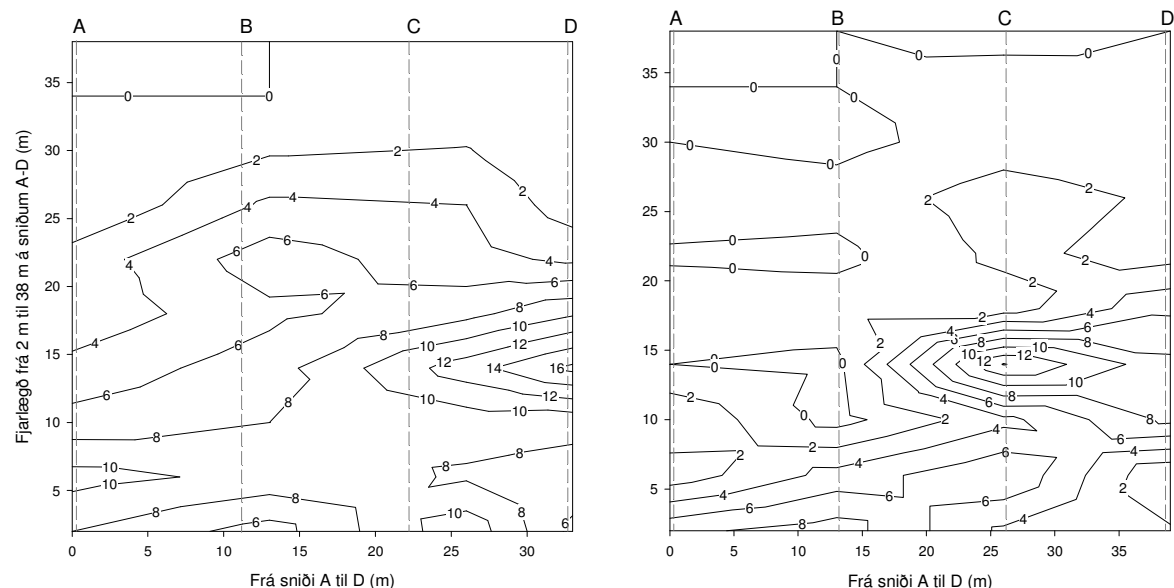
Meðaltilfærsla reita (2003–2007) á 1. og 2. hnitunarási DCA-hnitunar var könnuð fyrir óáborið og áborið land. Fyrst voru reitir flokkaðir eftir sandþykkt í eftirfarandi flokka: 0–2,5 cm, 2,5–5,0 cm, 5,0–10,0 cm og >10 cm. Tekið var meðaltal af hnitum reita hvers flokks. Áhrif sandþykktar á gróðurþekju og tegundafjölda í reitum voru könnuð með línulegri aðhvarfsgreiningu bæði fyrir árin 2003 og 2007. Annars vegar voru bornir saman óábornir reitir (snið C og D, 61. mynd) og hins vegar ábornir reitir (snið A og B, 61. mynd). Við greininguna voru notuð óumbreytt gildi.

Breytingar á þekju einstakra tegunda (2007) með aukinni sandþykkt voru settar fram með myndrænum hætti. Fyrst voru reitir í óábornu og ábornu landi flokkaðir eftir meðalsandþykkt á sama hátt og var lýst við meðaltilfærslu reita. Tekið var meðaltal af þekju tegunda innan hvers flokks og gildinu log (1+x) umbreytt til að draga úr mun á milli þekjumikilla og þekjulítilla tegunda. Allir tölfræðireikningar voru unnir í forritinu JMP (JMP 2005).

6.2 Niðurstöður

6.2.1 Sandþykkt og breytingar milli ára

Við mælingar árið 2003 voru þrjú ár liðin frá myndun áfoksgeirans sem sniðin liggja um. Mest var sandþykkt neðarlega á sniðum næst lóninu en hún minnkaði er fjær dró uns enginn sandur var í sverði (64. mynd t.v.). Meðalsandþykkt árið 2003 var 4,9 cm. Sandur var þykkastur á sniðum C og D en mest var sandþykkt 16,5 cm á reit D14. Meðalsandþykkt á svæðinu jókst milli ára og mældist 7,2 cm árið 2007. Þykkunin var mest næst lóni og náði hámarki á sniðum C og D við 10 og 14 m reiti (64. mynd t.h.). Mesta sandþykkt var 27,3 cm á reit C14. Meðalsandþykkt reita árið 2007 var nokkuð hærri í óábornum reitum eða 8,8 cm (snið C og D) í samanburði við 5,5 cm í ábornum reitum (snið A og B). Meðalsandþykkt í reitum jókst marktækt fyrir pöruð gildi frá 2003 til 2007 bæði á óábornum ($P < 0,01$; $n = 20$) og ábornum ($P < 0,05$; $n = 20$) reitum. Að meðaltali var þykkunin 3,2 cm á óábornu landi en 1,4 cm á ábornu. Meginástæða þessa mundar er nýtt sandfok sem kom upp úr fjöru 2005 og var meira óáborna hluta girðingarinnar en hinum áborna.



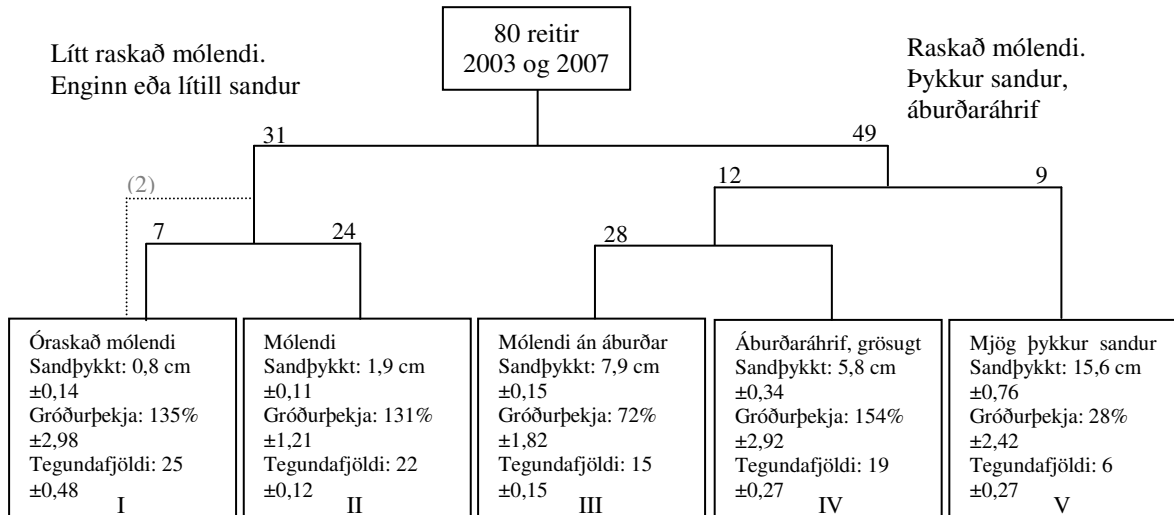
64. mynd. Sandþykkt (cm) árið 2003 (t.v.) og þykkun sands frá 2003 til 2007 (t.h.) á sniðum A, B, C og D (punktalínur). Sandur var þykkastur neðst á sniðum næst lóninu og þynntist er ofar dró. Þykkari sandur var á sniðum C og D. Sandþykkt jókst milli mæliára, einkum neðst á sniðum en mesta þykkun varð á sniðum C og D við 10–14 m reiti.

6.2.2 Gróðurbreytingar

Árið 2003 voru fjalldrapi, krækilyng og hraungambri ríkjandi tegundir á sniðum. Alls voru þá 41 háplöntutegund, sex tegundir fléttna og fimm tegundir mosa skráðar í reitum. Tegundir blómjurta voru 20 talsins, átta tegundir hálfgrasa, sjö grastegundir og sex runnkenndar tegundir. Árið 2007 voru skráðar 46 tegundir háplantna er við bættust tegundirnar fjallastör, *Carex norvegica*, slíðrastör, *Carex vaginata*, hundasúra, *Rumex acetocella*, ljósberi, *Viscaria alpina*, ilmreyr, *Anthoxanthum odoratum*, tungljurt, *Botrychum lunaria*, dýragras, *Gentiana nivalis* og blóberg, *Thymus praecox* en tegundirnar augnfró, *Euphrasia frigida* og þúfusteinbrjótur, *Saxifraga caespitosa* hurfu úr reitum. Árið 2007 voru fjalldrapi, krækilyng og hraungambri enn ríkjandi á óábornu landi. Grösin túnvingull og blásveifgras voru hins vegar orðin ríkjandi á ábornum sniðum (A og B).

6.2.3 Áhrif sandþykktar á gróðurfarsbreytileika

Niðurstöður TWINSPAN-flokkunar sýndu að sandþykkt og áburðargjöf voru helstu umhverfisþættir sem höfðu sterk áhrif á gróðurfarsbreytileika í reitum (65. mynd). Við fyrstu skiptingu greindust reitir að í lítt raskað, tegundaríkt mólendi annars vegar, þar sem engin eða aðeins þunn sanddreif var í sverði og lágplöntur áberandi. Hins vegar í raskað, tegundafærra mólendi með þykkum sandi og áburðaráhrifum. Frekari skipting gaf fimm flokka og var breytileikinn mestur milli reita með þykkum foksandi og reita í mólendi með litlum sem engum sandi (65. mynd). Í I. flokk féllu mólendisreitir með litlum sem engum sandi, þéttri gróðurþekju, lágvöxnum gróðri, ríkulegum lágplöntum og miklum tegundafjölda. Lítið raskaðir mólendisreitir féllu í II. flokk með fjalldrapa sem ríkjandi tegund en að meðaltali var aðeins þykkari sandur í þessum flokki. Gróðurfarsbreytileiki milli I. og II. flokks var til kominn vegna misleitni í upprunalegu gróðurfari en ekki vegna breytilegrar sandþykktar. Í flokkunum tveimur voru hraungambri, fjallagrös, *Cetraria islandica*) flétta af breyskjuættkvíslinni *Stereocaulon*, lambagras, *Silene acaulis* og krækilyng áberandi, en í III.V. flokki voru þessar tegundir að mestu horfnar úr gróðurþekju fyrir áhrif þykkari foksands. Í flokkum III og IV var þykkur foksandur í sverði og tegundir mun færri en í flokkum I og II (65. mynd). Bláberjalyng var áberandi í reitum í III. og IV. flokki en sú tegund hvarf úr þekju reita í V. flokki. Í III. flokki og jafnframt stærsta hópnun voru reitir með þykkum sandi, tiltölulega fáum tegundum og frekar lítilli gróðurþekju. Í IV. flokki voru áburðarreitir áberandi, sandur allþykkur og gróðurþekja sú mesta af flokkunum fimm. Gróður einkenndist þar af túnvingli, blásveifgrasi, *Poa glauca* og músareyra, *Cerastium alpinum*. Í V. flokki var sandurinn þykkastur, minnst gróðurþekja og fæstar tegundir. Engin sérstök tegund var einkennandi fyrir V. flokk en túnvingull var með mesta meðalþekju í reitunum. Kornsúra, *Bistorta vivipara* og fjalldrapi voru einnig meðal þeirra plantna sem lifðu.



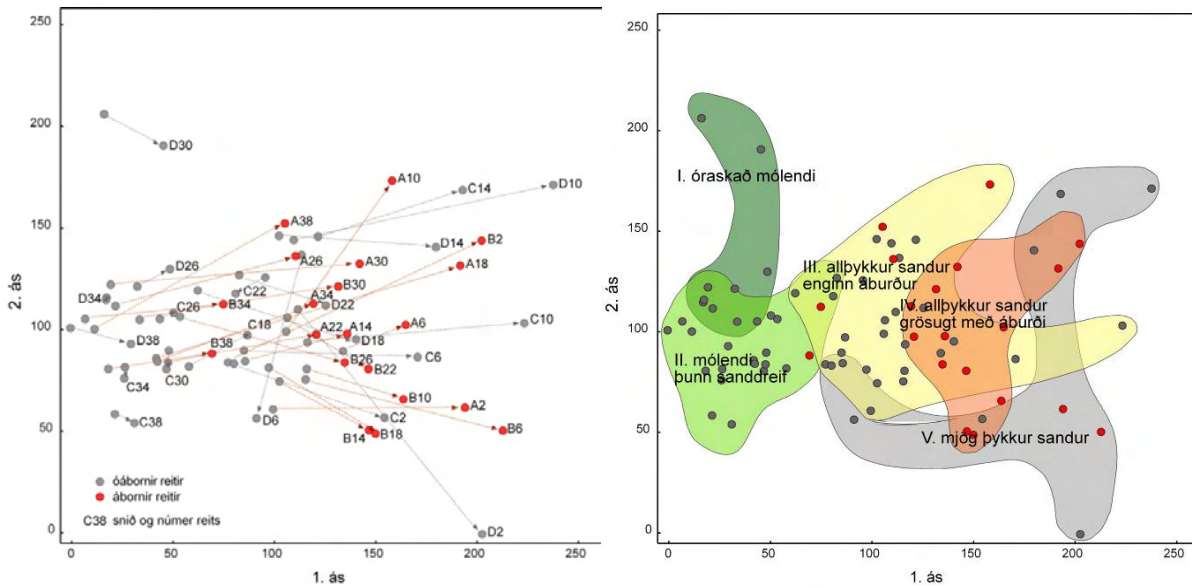
65. mynd. Niðurstæða TWINSpan-flokkunar á 80 reitum (40×2) frá árunum 2003 og 2007 og meðaltal sandþykktar, gróðurþekju og tegundafjölda í hverjum flokki með staðalskekku. Fjöldi reita er sýndur við hverja skiptingu flokkunarinnar.

Niðurstöður DCA-hnitunar sýndu, líkt og TWINSpan-flokkunin, að megingróðurbreytileika mátti fyrst og fremst rekja til sandþykktar. Sandþykkt sýndi sterka fylgni við staðsetningu reita á 1. hnitunarási ($R^2=0,51$; $P<0,0001$; $n=80$). Fylgni sandþykktar við 2. og 3. ás var í báðum tilfellum mun minni og ekki marktæk (2. ás: $R^2=0,005$; $P=0,55$; 3. ás: $R^2<0,0001$; $P=0,96$). Á hnitunargreiningunni raðast reitir frá lítið röskuðu mólendi (vinstra megin á grafinu) til reita með þykkum foksandi (hægra megin á grafi, 66. mynd t.v.). Ábornu reitirnir raðast fyrir miðju grafsins og til hægri út eftir 1. ás. Breytileikinn sem fram kemur á 2. ási reyndist vera tengdur rakastigi og örlandslagi. Neðarlega á ásum skipuðust tegundir sem þrífast efst á þúfnakollum og í rofdílum, s.s. holtasóley, hraungambri og móastör en ofar á honum eru tegundir sem þrífast í lægðum þar sem raki er meiri, t.d. týtulíngresi, stinnastör og mosinn móasigð. Ekki verður fjallað frekar um þennan breytileika.

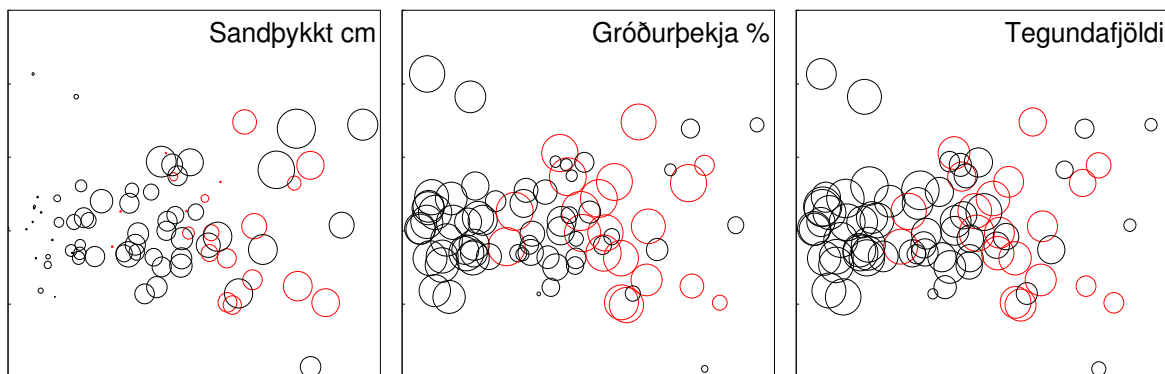
Sterk jákvæð fylgni sandþykktar við hnit reita á 1. ási kemur vel fram á 67. mynd. Fylgni gróðurþekju við 1. ás var neikvæð en mun lægri ($R^2=0,13$; $P<0,0011$; $n=80$). Sterkt neikvætt samband var á milli tegundafjölda og 1. áss en tegundum fækkaði til hægri eftir ásum ($R^2=0,41$; $P<0,0001$; $n=80$).

Við aðhvarfsgreiningu gaf samband tegundafjölda og heildarþekju við sandþykkt svipaða útkomu og fylgnin við 1. ás DCA-hnitunar. Tegundafjöldi minnkaði marktækt með aukinni sandþykkt á ábornu ($R^2=0,55$; $P<0,0001$; $n=40$) og ábornu landi ($R^2=0,49$; $P<0,001$; $n=40$). Gróðurþekja sýndi sterka og neikvæða fylgni við sandþykkt í óábornu ($R^2=0,45$; $P<0,0001$; $n=40$) og ábornu landi ($R^2=0,40$; $P<0,0001$; $n=40$).

Þegar niðurstöður TWINSpan-flokkunarinnar voru lagðar yfir hnitunina sést að mestur breytileiki var milli lítið raskaðs mólendis annars vegar (I.–II. flokkur) og reita með þykkum sandi og áburði hins vegar (IV.–V. flokkur, 66. mynd t.h.). Reitir í V. flokki dreifðust mjög um hnitunarmyndina en í þeim voru fáar tegundir og því þurfti fremur lítinn mun í tegundasamsetningu milli reita til að sýna mikinn mun á hnitun þeirra. Reitir innan þessa sama flokks færðust mikið til milli mæliára hvort sem er á óábornum eða ábornum sniðum. Einnig má sjá að gróður í ábornum reitum var misjafn, flestir reitirnir falla undir IV. flokk en nokkrir ábornir reitir falla undir III. og V. flokk.

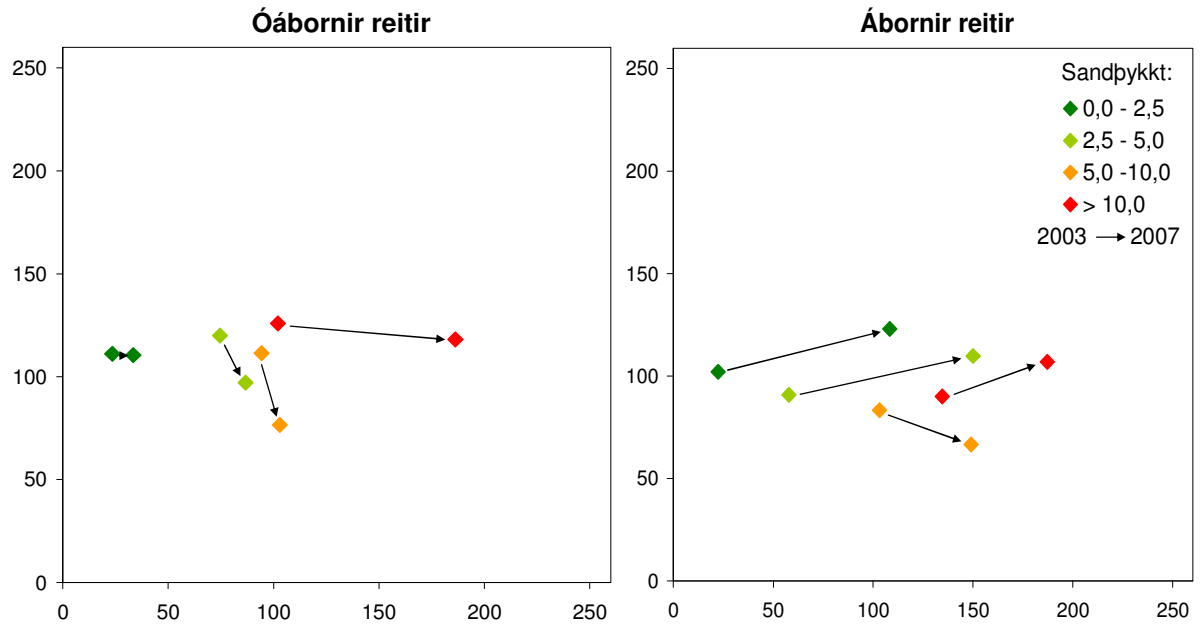


66. mynd. Niðurstaða DCA-hnitunar fyrir reiti (punktar) frá árunum 2003 og 2007 byggð á þekju allra tegunda í 80 reitum. Örvar tákna færslu reita milli mæliára en mikil færsla gefur til kynna miklar breytingar á gróðri í reit (t.v.). Niðurstaða TWINSPAN-flokkunar er sýnd sem skyggð svæði undir reitunum (t.h.).

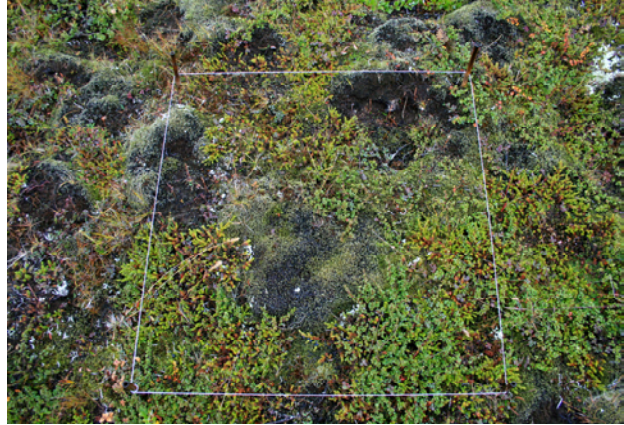
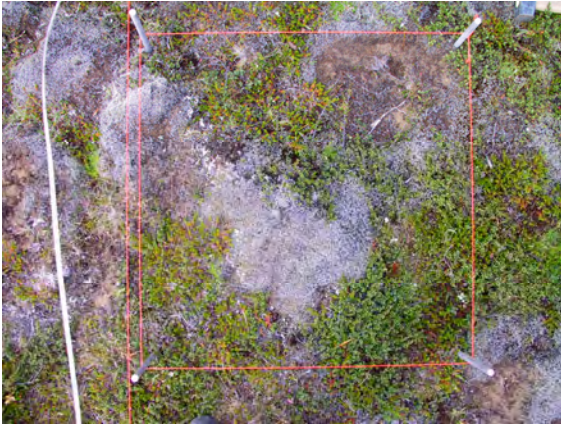


67. mynd. Sandþykkt, gróðurþekja og tegundafjöldi sýnd í samhengi við niðurstöður DCA-hnitunar (66. mynd). Sandþykkt sýndi sterka fylgni við 1. ás og jókst til hægri. Tegundafjöldi minnkaði með aukinni sandþykkt og jafnframt gróðurþekja. Flatarmál hringjanna er í beinu samhengi við gildi breyta. Svartir hringir tákna óáborna reiti og rauðir hringir áborna.

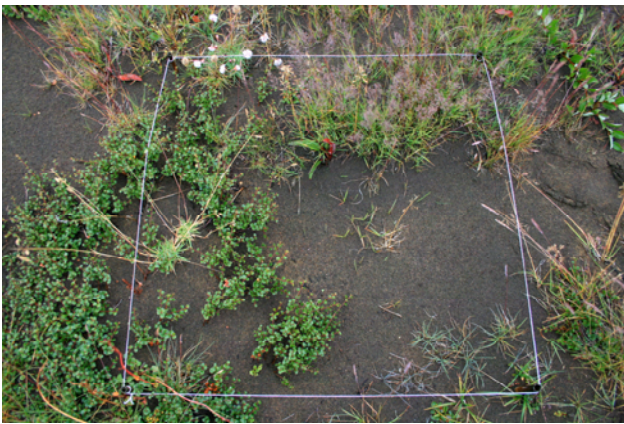
Hnitunin gaf vel til kynna breytingu í gróðri reita milli ára 2003 og 2007 og áhrifum sandþykktar og áburðar á hana. Í óábornum reitum var meðaltílfærsla reita með 0–2,5 cm þykkum sandi mjög lítil en það gefur til kynna litlar breytingar milli ára í mólendinu (68. mynd t.v. og 69. mynd). Meðaltílfærsla eykst með aukinni sandþykkt og er mest í reitum þar sem sandþykkt fór yfir 10 cm. Í reitum með 10 cm þykkum foksandi hafa því orðið miklar breytingar í gróðurþekju reitanna. (69. mynd t.v. og 70. mynd). Að jafnaði var færsla mikil á öllum ábornum reitum sem sýnir að áburðargjöf breytir gróðursamsetningu mikið óháð sandþykkt (69. mynd t.h. og 71. mynd)). Sérstaklega urðu miklar breytingar á gróðri í reitum með þunnum eða engum foksandi. Hnitun reita árið 2003 sýnir að breytingar hafa orðið á gróðri í reitum með sandþykkt >2,5 cm, enda þrjú ár liðin frá áfoki við fyrri mælingar.



68. mynd. Meðaltílfærsla reita (2003–2007) samkvæmt niðurstöðu DCA-hnitunar flokkuð eftir sandþykkt. Lengd örvanna gefur til kynna breytingar í gróðursamsetningu og gróðurþekju milli ára. Óábornir reitir (t.v.) og ábornir reitir (t.h.).



69. mynd. Reitur C34 árið 2003 (t.v.) og 2007(t.h.), óáborið land. Í reitnum var 0,5 cm þykkur sandur árið 2003 en 1 cm árið 2007 (flokkur II í TWINSPAN-flokkun). Ljósma.: Borgþór Magnússon (ágúst 2003), Olga Kolbrún Vilmundardóttir, ágúst 2007.



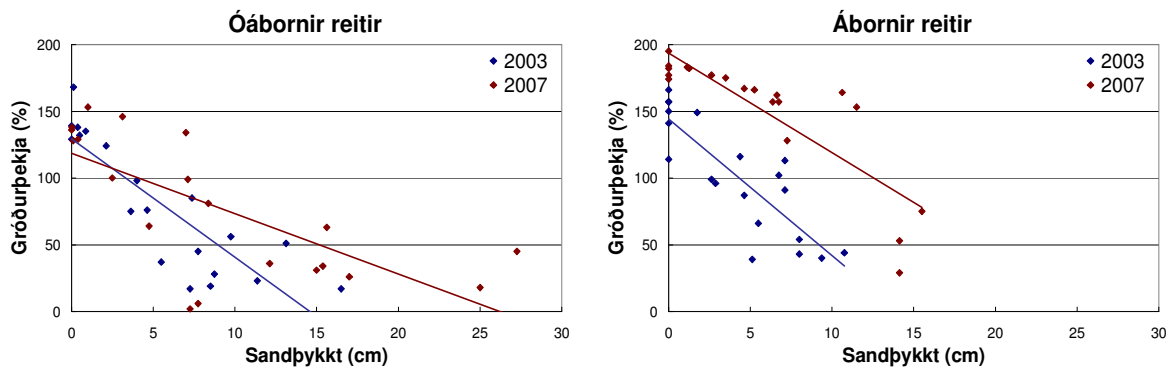
70. mynd. Reitur C14 árið 2003 með 13 cm þykkum sandi (t.v.) og 2007 með 27 cm þykkum sandi (t.h.), óáborið land. Mikil þykknun átti sér stað milli ára og safnaðist foksandur í fjalldraparunna. Í neðra horninu til hægri sést hvernig hraungambri hefur horfið úr gróðurþekju en í stað mosans uxu grös. Þekja fjalldrapa breyttist lítið milli ára. Reiturinn féll í III. flokk TWINSPAN-flokkunarinnar árið 2003 en í V. flokk árið 2007. Ljósma. Borgþór Magnússon, ágúst 2003, Olga Kolbrún Vilmundardóttir, ágúst 2007.



71. mynd. Reitur B10 árið 2003 fyrir áburðargjöf með 8 cm þykkum sandi (t.v.) og 2007 eftir að áburði hafði verið dreift í fjögur sumur og sandur var þá 7 cm þykkur (t.h.). Þrátt fyrir þykkan foksand (8 cm) voru grös (hér túnvingull) orðin ríkjandi í þekju en þekja fjalldrapa breyttist lítið. Árið 2003 féll reiturinn í III. flokk TWINSPAN-flokkunarinnar en árið 2007 í IV. flokk. Ljósma. Borgþór Magnússon, ágúst 2003, Olga Kolbrún Vilmundardóttir, ágúst 2007.

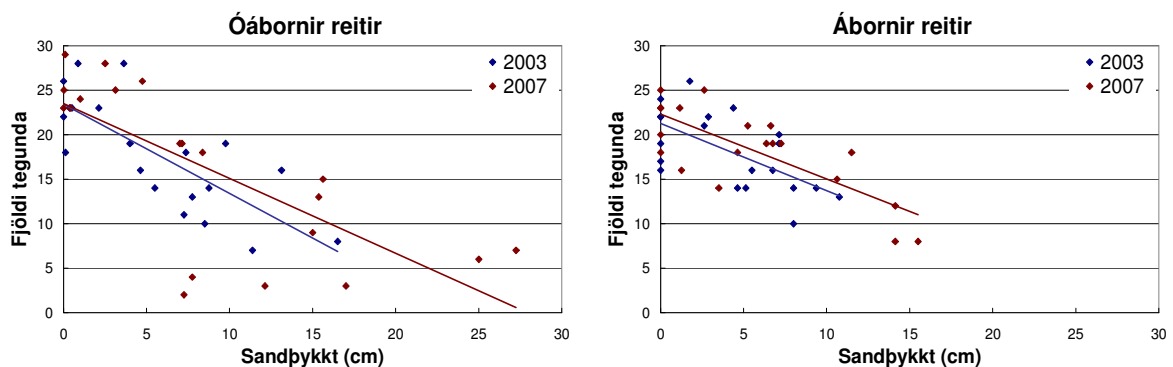
6.2.4 Áhrif sandþykktar á gróðurþekju og tegundafjölda

Samband sandþykktar við gróðurþekju og tegundafjölda var mismunandi í óábornu og ábornu landi. Í óábornum reitum dró ört úr gróðurþekju við aukna sandþykkt árið 2003 (2003: $y=-8,9x+129,3$; $R^2=0,74$) (73. mynd t.v.). Í reitum með engum sandi var gróðurþekja um 150% en við 5 cm sandþykkt minnkaði hún um þriðjung. Við 10 cm þykkann sand var þekja yfirleitt orðin um 50% (72. mynd t.v.). Sambandið milli sandþykktar og þekju árið 2007 var ekki jafnstærkt og árið 2003 en sandþykkt jókst milli ára í reitum með hávöxnum fjalldrapa sem safnaði þykkum foksandi (2007: $y=-4,5x+118,3$; $R^2=0,51$). Í reitum með þunnum eða engum sandi urðu litlar breytingar á þekju. Í ábornum reitum jókst gróðurþekjan milli mæliára í nær öllum reitum óháð sandþykkt (2007: $y=-7,5+193,5$; $R^2=0,72$) (72. mynd t.h.).



72. mynd. Samband sandþykktar við gróðurþekju (%) á óábornum (snið C og D, mynd t.v.) og ábornum (snið A og B, mynd t.h.) reitum metið með aðhvarfsgreiningu (e. regression).

Mælingar árið 2003 sýndu að tegundum fækkaði með aukinni sandþykkt í óábornum reitum. Fyrir hvern 1 cm í aukinni sandþykkt fækkaði að meðaltali um eina tegund (2003: $y=-1,0x+23,4$; $R^2=0,59$) (73. mynd t.v.). Árið 2007 var sambandið örlítið veikara (2007: $y=-0,8x+23,5$; $R^2=0,54$). Árið 2003 var samband sandþykktar og tegundafjölda nokkru veikara fyrir áborna reiti samanborið við óáborna (2003: $y=-0,8x+21,3$; $R^2=0,39$) (73. mynd, t.h.). Að meðaltali hafði áburður jákvæð áhrif á fjölda tegunda en þó fækkaði tegundum í reitum með þykkum sandi næst lóni (2007: $y=-0,7x+22,3$; $R^2=0,59$).



73. mynd. Samband sandþykktar við fjölda tegunda á óábornum (snið C og D, mynd t.v.) og ábornum (snið A og B, mynd t.h.) reitum metið með aðhvarfsgreiningu (e. regression).

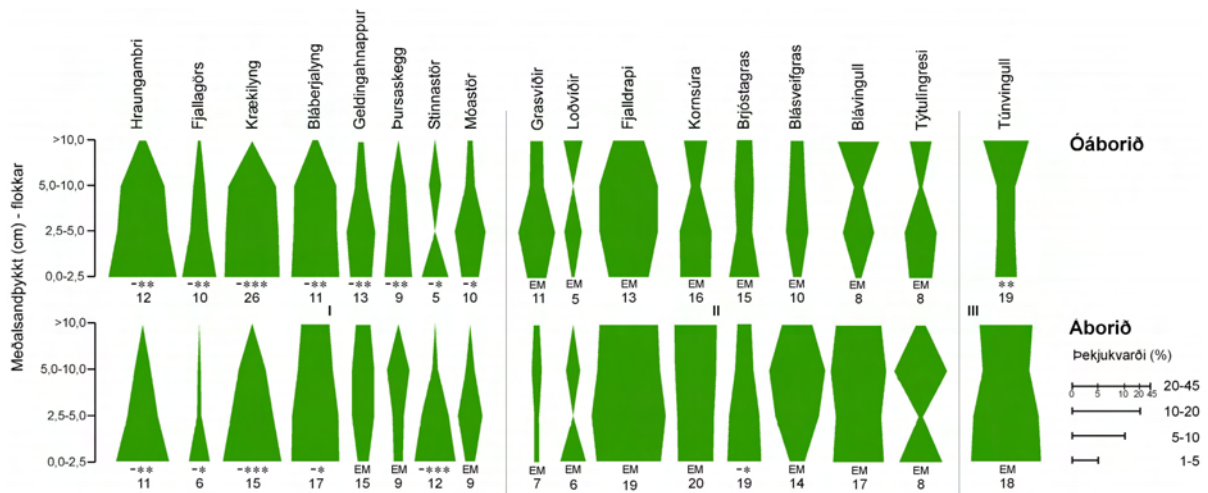
6.2.5 Áhrif sandþykktar á tegundir

Samband þekju plöntutegunda við sandþykkt var breytilegt eftir vaxtarformi þeirra og milli óáborins og áborins lands. Á óábornu landi létu margar dæmigerðar mólendistegundir undan síga við aukna sandþykkt. Flestar tegundir mosa og fléttna fundust nær eingöngu í reitum með engri eða afar þunnri sanddreif (<2,5 cm) og hurfu nánast úr öllum reitum þar sem sandþykkt fór yfir 5 cm. Þekja hraungambra og fjallagrása sýndi sterka og neikvæða fylgni við sandþykkt, bæði á óábornu og ábornu landi (74. mynd). Hraungambri hafði mesta útbreiðslu af lágplöntum og fannst í reitum með allt að 10 cm þykkum foksandi. Þekja krækilyngs og bláberjalyngs sýndi sterka neikvæða fylgni við sandþykkt í óábornu landi. Bláberjalyng þoldi meiri sandþykkt en báðar tegundir voru horfnar að mestu þar sem þykkt var meiri en 10 cm (74. mynd). Tvíkímblaða blómjurtir létu undan síga við aukna sandþykkt en þekja þeirra var yfirleitt lítil, t.d. var sterk neikvæð fylgni geldingahnapps, *Armeria maritima*, við sandþykkt. Þekja hálfgrasa dróst saman við aukna sandþykkt og höfðu tegundirnar þursaskegg, *Kobresia myosuroides*, stinnastör, *Carex bigelowii*, og móastör, *Carex rupestris*, neikvæða og marktæka fylgni við sandþykkt í óábornu landi (74. mynd).

Tegundir sem héldu þekjuhlutdeild sinni með aukinni sandþykkt höfðu ekki marktæka fylgni við sandþykkt í óábornu landi. Það voru einkum runnategundir, blómjurtir og grös. Grasvíðir, *Salix herbacea*, fjalldrapi og loðvíðir höfðu ekki marktæka fylgni við sandþykkt. Þekja fjalldrapa var mikil í reitum en loðvíðir fannst aðeins í fáum reitum og hafði litla þekju. Blómjurtirnar kornsúra, *Bistorta vivipara*, og brjóstagras, *Thalictrum alpinum*, þrífust vel óháð sandþykkt. Fylgni blásveifgrass, blávinguls, *Festuca vivipara*, og týtulíngresis, *Agrostis vinealis*, við sandþykkt var ekki marktæk í óábornu landi.

Aðeins ein tegund, túnvingull, sýndi jákvæða og marktæka fylgni við sandþykkt í óábornu landi (74. mynd). Þekja hans jókst þegar sandþykkt fór yfir 10 cm.

Á ábornu landi var þekja lágplantna minni en í óábornum reitum. Sterk neikvæð fylgni var á milli þekju hraungambra og fjallagrása og sandþykktar. Smárunnar og stinnastör höfðu sterka neikvæða fylgni við sandþykkt í ábornum reitum og svöruðu ekki áburðargjöf. Fylgni geldingahnapps, þursaskeggs og móastarar við sandþykkt var ekki marktæk í ábornu landi. Brjóstagras hafði neikvætt samband við sandþykkt í ábornum reitum. Runnarnir grasvíðir, loðvíðir og fjalldrapi, grösin blásveifgrass, blávingull og týtulíngresi auk kornsúru, sýndu ekki marktækt samband milli þekju og sandþykktar (74. mynd). Grös sýndu jákvæða svörun við áburði og var þekja þeirra mun meiri í ábornu landi en óábornu en fylgni við sandþykkt var ekki marktæk.



74. mynd. Meðalþekja tegunda árið 2007 (þekjugildi umbreytt með logra, $\log(1+x)$) flokkuð eftir meðalsandþykkt. Í efri röð eru óábornir reitir og ábornir reitir í neðri röð. Fylgni þekju við sandþykkt er gefin við hverja súlu, * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$, sem og fjöldi reita sem tegund fannst í. Breidd súlunnar er í hlutfalli við meðalþekju tegundar fyrir hvern sandþykktarflokk. Tegundum er skipt í hópa eftir viðbrögðum við aukinni sandþykkt á óábornum reitum: I) þekja minnkar, II) þekja breytist lítið og III) þekja eykst.

6.3 Umræður

6.3.1 Virkt vindrof við strendur Blöndulóns

Við mælingar árið 2003 voru þrjú ár liðin frá myndun áfoksgeirans í Sandvík. Þær endurspeglu því ástandið nokkru eftir setmyndun en líklegt er að sandþykkt og gróðurþekja hafi breyst á þessum árum líkt og niðurstöður DCA-hnitunar benda til (66. mynd). Aukin sandþykkt á tilraunasniðum við endurteknar mælingar árið 2007 sýna að vindrof er mjög virkt við Blöndulón þar sem sandur berst með vindi inn á gróið land upp úr lónstæði þegar vatnsborð er lágt. Líklega hefur mesta aukningin á foksandi átt sér stað í miklu hvassviðri í byrjun júní 2005 þegar 0,49 ha áfoksgeiri myndaðist (Vilmundardóttir o.fl. 2010). Auk þess er mögulegt að bæst hafi í foksandinn næst lónstæðinu síðar en svæðið er vindasamt og þurrt. Þykktaraukning var mest á sniði C og D og ber því ágætlega saman við útbreiðslu foksands árið 2005 (64. mynd). Dreifing fokefnis var staðbundin og greinilega háð vindátt upp frá upptaksvæði foksandsins. Sandur var þykkastur 10–15 m inn á sniðunum en ekki næst upptaksvæðinu. Ástæðan er sú að sandurinn stöðvast í gróðri, einkum í hávöxnum gróðri líkt og fjalldrapa. Afar lítill gróður vex nú næst fjöruborðinu og því er lítið sem bindur foksandinn þar (64. mynd). Líkt og fjölmargar rannsóknir sýna þá getur hrjúft yfirborð og gróður stöðvað framrás fokefnis (Kent o.fl. 2001, Gísladóttir o.fl. 2005, Okin o.fl. 2006) og hefur þýft mólendið og þéttir fjalldrapabrúskar sem einkenna gróðurfar við Blöndulón einmitt þau áhrif. Næst lóninu hefur fokefnið nú fyllt upp lægðir milli þúfna og á því greiðari aðgang lengra inn í gróðurlendið. Á þennan máta geta áfoksgeirar stækkað smám saman og eytt gróðri sé uppspretta fokefna áfram til staðar eins og fyrri rannsóknir við Blöndulón benda til (Vilmundardóttir o.fl. 2010). Áfoksefnið er aðallega gjóska en slíkt efni er afar erfitt gróðri vegna lítillar vatnsheldni, skorts á næringarefnum og óstöðugleika (del Moral og Grishin 1999). Létt og gróft fokefnið við Blöndulón er mjög skaðlegt gróðri þar sem það flýst auðveldlega með vindi og gjóskuglerið sverfur ofanjarðarhluta plantna.

6.3.2 Áhrif sandfoks á gróður

Plöntur hafa mismunandi aðferðir til að vaxa upp úr foksandi, s.s. lóðréttu lengingu vaxtar-sprota, vaxtarbroddar á láréttum og lóðréttum renzlum taka að vaxa upp á við og brum,

renglur og sprotar vakna úr dvala (Maun 1998). Til að lifa af kaffæringu í sandi þurfa plöntur að geta vaxið upp í gegnum efnið og þolað myrkur yfir þann tíma eða tórt uns efnið er rofið ofan af gróðurþekjunni (del Moral og Grishin 1999). Áfok við Blöndulón á sér yfirleitt stað í júní (Vilmundardóttir o.fl. 2010) þegar vöxtur plantna er að hefjast og þær ganga á vaxtarforða sinn. Áfokstíminn hefur því áhrif á viðnám plantna gegn áfoki, einkum þeirra sem eru lágvaxnar eða hafa vaxtarsprota við yfirborð.

Lágplöntur þoldu einungis þunna sandþekju við Blöndulón en þekja mosa og fléttu minnkaði umtalsvert við 2,5 cm sandþykkt og hurfu þær að mestu við 5 cm sandþykkt (1. tafla). Aðrir hafa sýnt fram á að mosar þola að jafnaði aðeins þunna foksand eða 1–4 cm (Sigurður H. Magnússon 1994a, Maun 1998, Owen o.fl. 2004, Harpa Kristín Einarsdóttir 2007), sem er í samræmi við þessa rannsókn. Hraungambri var sú lágplöntutegund sem fannst í reitum með foksandi upp í 10 cm þykkt. Ástæðan fyrir því að mosinn fannst í þessum reitum er sú að hann vex helst á þúfnakollum þar sem þurrt er. Kollarnir standa jafnan upp úr foksandinum þar sem sandurinn safnast í lægðirnar í kring.

Fáar blómjurtir þrífust vel í foksandinum og var það helst kornsúra sem þoldi foksand og óx í flestum reitum óháð sandþykkt og áburðargjöf (1. tafla). Jafnframt voru þeir einstaklingar sem uxu í sandi víða afar stórir og blöð þeirra óvenju breið en Harpa Kristín Einarsdóttir (2007) lýsti sömu viðbrögðum tegundarinnar við áfoki. Kornsúra getur augljóslega nýtt sér breytta samkeppnisstöðu við kaffæringu, þegar samkeppni um ljós og næringarefni minnkar. Sömuleiðis voru einstaklingar brjóstagrass hærrí og breiðari í sandi en í öröskuðu mólendi. Maun (1998) lýsir því að sumar tegundir bregðist við hóflegri, árlegri sandaukningu með aukinni grósku, þykkari og breiðari blöðum. Hjá birkiplöntum bera breiðir áhringir t.d. vitni um aukinn vöxt við slíkar umhverfisaðstæður. Hvítmaðra óx í litlum mæli í reitum með þykkum sandi en hún ásamt hundasúru getur orðið gróskumikil í 3–5 cm þykkum sandi (Maun 1998).

Krækilyng og bláberjalyng höfðu lítið þol gegn áfoki en þekja þeirra minnkaði jafnt og þétt við aukna sandþykkt (1. tafla). Tegundirnar eru báðar hægvoxta, krækilyng er frekar lágvaxið og bláberjalyng vex helst í lægðum milli þúfna. Krækilyng þoldi ágætlega 2–4 cm þykkt lag af sandi í tilraun Hörpu Kristínar Einarsdóttur (2007) ef sandur var ekki svo þykkur að greinar stóðu upp úr. Því virðist sem ekki þurfi mjög þykkann sand til þess að dragi verulega úr þekju tegundanna.

Hávaxnar tegundir með vaxtarsprota ofan sandyfirborðs voru þolnar gegn áfoki, s.s. fjalldrapi og loðvíðir (1. tafla), líkt og Harpa Kristín Einarsdóttir (2007) greinir frá í rannsókn sinni. Fjalldrapi er einkennistegund mólendisins við Blöndulón en minna er um víðirunna enda heldur sauðfjárbreit víðitegundum niðri (Ingibjörg Svala Jónsdóttir 1984, Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1991, Ingvi Þorsteinsson 1991). Rannsóknasvæðið við Sandvík hefur verið friðað fyrir beit frá 2003 og jókst þekja loðvíðis innan girðingarinnar þar sem plönturnar voru nægilega háar til þess að ná upp úr foksandinum. Hann fannst þó aðeins í fáum reitum og gögnin voru ekki tölfræðilega marktæk. Loðvíðir er talinn þola áfok vel og er víða áberandi þar sem vindrof er mikið (Kristín Svavarsdóttir og Ása L. Aradóttir 2006). Runnar verða fyrir neikvæðum áhrifum af völdum áfoks vegna svörfunar en hins vegar þarf þykkann foksand til þess að kaffæra plönturnar. Þó eru dæmi um að allstórir fjalldrapaflákar við Blöndulón hafi eyðst þar sem foksandur hefur verið þykkur og/eða mikil svörfun hefur átt sér stað (75. mynd).

Sef og starir (hálfgrös) þoldu ekki mikinn foksand en það voru helst tegundir sem þrífast á þúfnakollum, s.s. móastör, og hávaxnari tegundir sem þrífust í reitum með þykkum foksandi (1. tafla). Hins vegar jókst þekja margra grastegunda í þykkum foksandi og þreifst túnvingull

vel í foksandinum en því hefur áður verið lýst af sandfokssvæðum hérlendis og erlendis (Þröstur Eysteinnsson 1994, Greipsson og Davy 1994, Maun 1998). Túnvingull er jafnframt sú tegund sem hefur hvað mesta þekju háplöntutegunda á melum við Blöndulón (Sigurður H. Magnússon og Borgþór Magnússon 1995) og virðist þrífast við afar fjölbreytt og oft erfið skilyrði. Grös nýta sér allar framantaldar aðferðir til að vaxa upp úr foksandi sem skýrir getu þeirra til þess að þrífast við slíkar aðstæður (Maun 1998).

Kaffæring breytir þéttleika og samsetningu tegunda og skiptir tíðni áfoks miklu máli fyrir þróun tegundasamsetningar í gróðurþekju (Maun 1998). Sjaldgæfir og ófyrirsjáanlegir atburðir, s.s. gjóskufall, eru ekki þróunarfræðilega mikilvægir fyrir gróðurvistkerfi. Þeir geta hins vegar leitt til gróðureyðingar en 10 cm þykkt gjóskufall er talið geta hamlað sprettu gróðurs í eitt ár (Sigurður Þórarinnsson 1971). Allmörg stórgos hafa valdið miklu gjóskufalli á heiðunum við Blöndulón (Guðrún Larssen og Sigurður Thorarinnsson 1977) og eru hinir fornu og víðfeðmu áfoksgeirar á heiðalöndunum meðal annars afleiðing þeirra. Endurtekið áfok, líkt og nú á sér stað á afmörkuðum svæðum við Blöndulón, leiðir hins vegar til úrvals þar sem áfokspolnar tegundir eru hæfastar í samkeppni og verða að lokum ríkjandi í þekju. Þetta hafa Owen o.fl. (2004) sýnt fram á og fullyrða að meiri breytingar verði á tegundasamsetningu þar sem endurtekið áfok á sér stað fremur en þar sem einn stakur atburður verður.

9. tafla. Yfirlit um áætlað þol plöntuhópa og tegunda í misþykkum foksandi í óábornu mólendi við Blöndulón. Byggt að hluta á TWINSPAN-flokkun.

Plöntuhópar	Tegund	Latneskt heiti	Sandþykkt			
			2,5-5 cm	5-10 cm	>10 cm	
Lágplöntur	Mosar	Melagambri	<i>Racomitrium ericoides</i>	■		
		Hraungambri	<i>Racomitrium lanuginosum</i>		■	
Móasigð		<i>Sanionia uncinata</i>			■	
	Fléttur	Mundagrös	<i>Cetraria delisei</i>	■		
Fjallagrös		<i>Cetraria islandica</i>		■		
Hreindýramosi		<i>Cladonia arbuscula</i>			■	
Háplöntur	Blómjurtir	Geldingahnappur	<i>Armeria maritima</i>	■		
		Kornsúra	<i>Bistorta vivipara</i>		■	
		Holtasóley	<i>Dryas octopetala</i>			■
		Lambagras	<i>Silene acaulis</i>			■
		Brjóstagras	<i>Thalictrum alpinum</i>		■	
		Sýki gras	<i>Tofieldia pusilla</i>			■
	Smárunnar	Krækilyng	<i>Empetrum nigrum</i>	■		
Bláberjalyng		<i>Vaccinium uliginosum</i>		■		
	Runnar	Fjalldrapi	<i>Betula nana</i>	■		
Grasvíðir		<i>Salix herbacea</i>		■		
Loðvíðir		<i>Salix lanata</i>			■	
	Hálfgrös	Stinnastjör	<i>Carex bigelowii</i>	■		
Móastör		<i>Carex rupestris</i>		■		
Móasef		<i>Juncus trifidus</i>			■	
Þursaskegg		<i>Kobresia myosuroides</i>			■	
	Grös	Axhæra	<i>Luzula spicata</i>		■	
		Týtulíngresi	<i>Agrostis vinealis</i>	■		
		Túnvingull	<i>Festuca richardsonii</i>		■	
		Blávingull	<i>Festuca vivipara</i>		■	
		Blásveifgras	<i>Poa glauca</i>		■	

Ljóst er að mólendisgróður við Blöndulón er viðkvæmur fyrir áfoki en vísbendingar eru um að nokkrar tegundir séu hæfari en aðrar til að lifa í endurteknu áfoki. Þol tegunda gegn áfoki veltur á vaxtarformi og orkuforða en einnig hafa vaxtarstaðir og örlandslag áhrif á afkomu

tegunda. Niðurstöður okkar benda til að þölmörk (e. *critical depth*) mólendisgróðurs við áfoki eru um 10 cm sandþykkt. Afar fáar tegundir lifa af svo mikla sandþykkt. Owen o.fl. (2004) gerðu tilraun til að skilgreina þölmörk graslendis á sandöldusvæðum við strendur Skotlands og töldu hana vera meiri en 5 cm. Þeir ályktuðu jafnframt að tíðni kaffæringar væri mikilvægari en heildardýpt foksandsins. Í erlendum rannsóknum eru slík þykktarmörk talin mun hærrí fyrir grös og runna (Maun 1998).



75. mynd. Fláki af dauðum fjalldrapa og öðrum mólendisgróðri vegna áfoks við austanvert Blöndulón. Myndin er tekin í ágúst 2007 en áfokið átti sér stað í júní 2005 (Ljós m.: Olga Kolbrún Vilmundardóttir, ágúst 2007).

6.3.3 Áhrif áburðar

Áhrif áburðar á gróðurfar eru um margt lík áhrifum sandþykktar ef frá er talin mikil aukning í gróðurþekju. Þekja grasa jókst og þá sérstaklega þekja túnvinguls (74. mynd) en í uppgræðslum við Blöndulón hefur túnvingull iðulega sýnt jákvæð viðbrögð við áburði og orðið ríkjandi í þekju (Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1991, Sigurður H. Magnússon 1994b, Sigurður H. Magnússon og Borgþór Magnússon 1995). Þekja blásveifgrass jókst einnig mikið en tegundin hefur einnig sýnt jákvæð viðbrögð við uppgræðslu með áburðargjöf á ákveðnum svæðum (Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1991). Grös bregðast að jafnaði vel við áburðargjöf en með þétu og miklu rótarkerfi geta þau brugðist skjótt við auknu framboði næringarefna og raka (Peltzer og Köchy 2001). Þar sem engin beit var til þess að hefta vöxt þeirra stóðu aðrar tegundir höllum fæti í samkeppninni. Hurfu lágplöntur nánast úr þekju og mólendistegundum fækkaði. Líklegt má telja að meira jafnræði væri í þekju á ábornu landi ef beit væri óheft líkt og Þóra Ellen Þórhallsdóttir (1991) sýndi fram á í rannsóknum sínum á áhrifum áburðar á gróður á heiðalöndunum. Hún nefnir jafnframt að þekja blómjurta (tvíkímblöðunga) breyttist lítið við áburðargjöf og er það í samræmi við okkar niðurstöður. Helst sýndi músareyra jákvæða svörun við áburði en það hafði hvergi mikla þekju. Auk þess voru kornsúra og brjóstgras gróskuleg líkt og í óábornu reitunum.

Í reitum með þykkum foksandi hafði áburður jákvæð áhrif á gróður með því að styrkja gróðurþekju og var mjög mikill munur í reitum neðst á sniðunum milli meðferða árið 2007. Það endurspeglast í TWINSPAN-flokkuninni þar sem aðeins tveir reitir af áburðarsniðum af

níu reitum féllu í V. flokk með þykkasta sandinum, fæstum tegundum og minnstri gróðurþekju. Hins vegar var þynnri sandur og minni sandaukning á ábornum sniðum. Þar hefur væntanlega orðið minni þykkun og svörfun á gróðri af völdum áfoks milli mæliára og grasvöxtur síður tafist.

6.3.4 Möguleiki til mótvægisáðgerða

Niðurstöður okkar sýna að áfok hefur haft neikvæð áhrif á gróðurþekju og samsetningu mólendisgróðurs við Blöndulón. Enn er uppfokshætta úr lónstæðinu og ekki ljóst hvenær hún minnkar þar sem enn er virkt rof úr bökkum lónsins (Vilmundardóttir o.fl. 2010). Ef til kæmi að stemma þyrfti stigu við áframhaldandi vindrofi og gróðureyðingu er áburðardreifing álitlegur kostur. Túnvingull er algengur í mómum við Blöndulón (Ingibjörg Svala Jónsdóttir 1984, Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1991, Sigurður H. Magnússon og Borgþór Magnússon 1995, Borgþór Magnússon 2003), sem er miklvægt því hann svarar áburði mjög vel. Áburður styrkir gróðurþekju og ríkulegri gróður heftir vindrof, svörfun og flutning fokefna lengra inn á gróið land. Gróður stemmir stigu við jarðvegsrofi en það veltur m.a. á gerð plantna og þéttleika (Okin o.fl. 2006, van Donk og Skidmore 2003). Þegar áburðargjöf er hætt dregur fljótlega úr grósku, þekja grasa minnkar en hlutdeild lágplantna eykst (Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1991). Þá verður meira jafnræði í þekju og gróður þróast í líkingu við það sem gerist í umhverfinu.

Rannsóknasvæðið í Sandvík hefur verið friðað fyrir beit í fjögur ár og er ljóst að beit hefur veruleg áhrif á gróðurfar á heiðunum. Sauðfé sækir í lostætar plöntur eins og víði og grös en hvoru tveggja eru tegundir sem eru þolnar gegn áfoki. Í þeim áfoksgeirum sem myndast hafa í eyjum Blöndulóns er loðvíðir og gulvíðir að vaxa upp. Því er mögulegt að beitarfriðun, með því að girða fyrir vikur, nýtist til að draga úr neikvæðum áhrifum áfoks án inngríps með áburðarmedferð. Þar sem náttúrulegur víðir er mjög lágvaxinn mætti planta víðitegundum í áfoksgeirana til að flýta ferlinu (Kristín Svavarsdóttir og Ása L. Aradóttir 2006).

Þeir áfoksgeirar sem myndast hafa við Blöndulón hafa flestir litla útbreiðslu. Þó er um endurtekna áfoksáburði að ræða og gróður hefur sums staðar eyðst. Samanborið við þá áfoksgeira sem eytt hafa gróðri og jarðvegi á heiðunum í gegnum aldirnar eru nýju áfoksgeirarnir litlir. Samt sem áður teljum við mikilvægt að fylgjast með áfoki og framvindu á þessum svæðum og grípa inn í gerist þess þörf.

6.3.5 Lokaorð

Rannsókn okkar á gróðurframvindu í áfoksgeira í Sandvík við Blöndulón hefur þann annmarka að hér var aðeins um eitt lítið og afmarkað svæði að ræða. Æskilegt hefði verið að kanna fleiri áfokssvæði við lónið, hafa fleiri endurtekningar og mismunandi áburðarskammta. Aðstæður og umfang verkefnisins leyfðu það þó ekki. Það er mat okkar að í rannsókninni hafði fengist góðar vísbendingar um skammtímaáhrif sandfoks á mólendisgróður og viðnám hans við því. Jafnframt hver áhrif áburðargjöf hefur á gróðurinn. Rannsóknasvæðið í Sandvík var tegundaríkt og nokkuð dæmigert fyrir mólendi við lónið og víðar um heiðar. Ekki er ástæða til að ætla annað en að viðbrögð tegunda við aðstæðum hafi verið lík því sem annarsstaðar hefði verið. Við teljum því að draga megi víðtækari ályktanir af niðurstöðum.

7 FRAMHALD RANNSÓKNA OG TILLÖGUR UM MÓTVÆGISAÐGERÐIR VEGNA SANDFOKS

Lagt er til að rannsóknunum og vöktun við Blöndulón verði haldið áfram næstu árin og gerð um þær áætlun til fimm ára í senn sem verði endurskoðuð árlega í ljósi framvindu við lónið.

Rannsóknir á áhrifum lónsins á grunnvatnsstöðu og gróður á landi sem blotnað hefur upp við lónið hafa að mestu svarað þeim spurningum sem fram voru settar í upphafi og liggja niðurstöður fyrir. Dregið hefur mjög úr þessum áhrifum eftir að lónið var stækkað. Ekki er því ástæða til að halda þessum rannsóknum áfram. Æskilegt er þó að viðhalda reitum og merkingum en þeir hafa gildi til annarra rannsókna á gróðurbreytingum á heiðalöndum, m.a. vegna yfirstandandi loftslagsbreytinga. Þar liggja fyrir grunn gögn sem verðmæti er í og gefa færi á síðari samanburði.

Landmótun er enn mjög virk við Blöndulón með strandrofi, setflutningi og sandfoki upp á gróið land. Nauðsynlegt er fylgjast áfram með þessum ferlum og vakta sérstaklega sandfok upp frá lóninu og grípa til mótvægisáðgerða þar sem þörf er talin á. Hér er lagt til að áfram verði farið árlega að lóninu, upp úr miðju sumri, og eftirfarandi mælingum og aðgerðum viðhaldið:

- Rof úr bökkum verði áfram mælt á föstum sniðum við lónið sem sett voru upp 1997 og 2004. Framvinda rofs verði áfram túlkuð í samhengi við veðurgögn, lónhæð, ölduálag og jarðgrunn.
- Vöktun á sandfoki úr fjörum. Farið verði að lóninu til að vakta helstu áhættusvæði og kanna hvort nýr sandur hafi fokið upp. Útbreiðsla sands verði áfram skráð með GPS mælingum. Metin verði þörf fyrir inngríp og mótvægisáðgerðir.
- Hafin verði árleg áburðardreifing af hálfu Landsvirkjunar á helstu áfokssvæði við lónið til styrkingar gróðri. Áburðarskammtur verði áþekkur þeim sem notaður var í tilraun í Sandvík. Svæði verði ekki girt af. Fylgst verði með árangri aðgerða með einföldum athugunum en ekki verði farið í frekari rannsóknir eða mælingar.
- Girðingu utan um sandfoks- og rannsóknasvæði í Sandvík verði viðhaldið og fylgst með framvindu innan hennar og uppvexti víðis við friðun fyrir sauðfjárbreit. Um einfaldar athuganir verði að ræða en ekki beinar mælingar.

Miðað er við að rannsóknum og vöktun verði fram haldið árið 2010. Áætlun um þær verður unnin af Náttúrufræðistofnun Íslands feli Landsvirkjun stofnuninni að sinna þeim áfram.

8 ÞAKKIR

Rannsóknir þessar hófust að frumkvæði Helga Bjarnasonar hjá Landsvirkjun, verkefnisstjórn þar var lengstum í höndum Hugu Gunnarsdóttur en auk hennar og Victors Helgasonar hafa Sigmundur Freysteinnsson, Theodór Theodórsson, Óli Grétar Blöndal Sveinsson, Hákon Aðalsteinsson og mælingamenn Landsvirkjunar komið að verkefninu eða haft með það að gera í gegnum árin. Aðstaða í ferðum hefur jafnan verið í Blöndustöð þar sem Guðmundur Stefánsson stöðvarstjóri og starfsmenn hafa lagt okkur lið. Veðurstofa Íslands hefur yfirfarið og látið í té veðurgögn frá Kolku. Ásrún Elmarsdóttir, Halldór Sverrisson, Höskuldur Borgþórsson, Inga Dagmar Karlsdóttir, Jón Guðmundsson, Karólína R. Guðjónsdóttir, Lovísa Ásbjörnsdóttir, Sigmar Metúsalemsson og Sigurður H. Magnússon hafa tekið þátt í rannsókniferðum að lóninu. Guðrún Gísladóttir og Þröstur Þorsteinsson við Háskóla Íslands

komu að verkinu í tengslum við MS-verkefni Olgu Kolbrúnar Vilmundardóttur en það var styrkt af Rannsóknarnámssjóði Rannís.

9 HEIMILDIR

- Almenna verkfræðistofan 1997. *Miðlun við Norðlingaöldu. Athugun á öldurofi. Lokaskýrsla.* Reykjavík: Almenna verkfræðistofan.
- Almenna verkfræðistofan 2001. *Norðlingaöldulón. Öldurof, aurburður, áhlaðandi, vatnsborðssveiflur.* Reykjavík: Landsvirkjun..
- Almenna verkfræðistofan, Þorbergur Steinn Leifsson 2002. *Strandrof við lón í neðri Þjórsá.* Reykjavík: Landsvirkjun.
- Áslaug Helgadóttir og Þórdís A. Kristjánsdóttir 1993. Ræktun hvítmára. *Ráðunautafundur 1993: 188–197.*
- Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 1997. *Gróðurbreytingar við Blöndulón. Áfangaskýrsla til Landsvirkjunar 1995–1997.* Fjölrit RALA nr. 191. Unnið fyrir Landsvirkjun. Reykjavík: Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Björn Jóhann Björnsson og Matthías Loftsson 2003. *Miðlunarlón vatnsaflsvirkjana. Athugun á rofi og setburði. Áfangaskýrsla II. Athuganir árin 2001 og 2002.* Landsvirkjun, LV-2003/120. Reykjavík: Landsvirkjun.
- Borgþór Magnússon 1995. *Gróðurbreytingar í mólendi við Blöndulón. Áfangaskýrsla til Landsvirkjunar 1993–1994.* Fjölrit RALA nr. 182. Unnið fyrir Landsvirkjun. Reykjavík: Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Borgþór Magnússon 2003. *Grunnvatn, gróður og strandmyndun við Blöndulón. Áfangaskýrsla til Landsvirkjunar 1998–2002.* Rannsóknastofnun landbúnaðarins, RALA-024/UM-015. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2003/044. Reykjavík: Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Borgþór Magnússon og Ásrún Elmarsdóttir 1999. *Frá Blöndulóni að Norðlingaöldu. Breytingar á jarðvatnsstöðu og gróðri við miðlunarlón.* Rannsóknastofnun landbúnaðarins, RALA-010/UM-004. Skýrsla til Landsvirkjunar. Reykjavík: Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Borgþór Magnússon og Sigurður H. Magnússon 1992. *Rannsóknir á gróðri og plöntuvali sauðfjár í beitartilraun á Auðkúluheiði.* Fjölrit RALA nr. 159. Reykjavík: Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Borgþór Magnússon, Sigurður H. Magnússon, Karólína R. Guðjónsdóttir og Victor Helgason 2004. *Blöndulón. Vöktun á grunnvatni, gróðri og strönd. Áfangaskýrsla 2003.* Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-04013. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2004/082. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Borgþór Magnússon og Victor Helgason 2005. *Blöndulón. Vöktun á grunnvatni, gróðri og strönd. Áfangaskýrsla 2004.* Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-05007. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2005/046. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Borgþór Magnússon, Olga Kolbrún Vilmundardóttir og Victor Helgason 2006. *Blöndulón. Vöktun á grunnvatni, gróðri og strönd. Áfangaskýrsla 2005.* Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-06011. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2006/076. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Braatne, J.H., S.B. Rood, L.A. Goater, og C.L. Blair 2008. Analyzing the impacts of dams on riparian ecosystems: a review of research strategies and their relevance to the Snake River through Hells Canyon. *Environmental Assessment* 41: 267–281.

- Chen, Q. og L. Zhang 2005. Stability of a gravel soil slope under reservoir water level fluctuations. *ASCE Conference Proceedings* 166: 1–10.
- del Moral, R. og S.Y. Grishin 1999. Volcanic disturbances and ecosystem recovery. Í L.R. Walker, ritstj. *Ecosystems of disturbed ground*, bls. 137–160. *Ecosystems of the world* 16. Amsterdam: Elsevier publishers.
- Ekebom, J., P. Laihonen, og T. Suominen 2003. A GIS-based step-wise procedure for assessing physical exposure in fragmented archipelagos. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 57: 887–898.
- Eyþór Einarsson og Kristbjörn Egilsson, 1985. *Grasafræðirannsóknir á láglendissvæðum við Lagarfljót sumarið 1984*. Skýrsla unnin af Náttúrufræðistofnun Íslands. Reykjavík: Rafmagnsveitur ríkisins.
- Gisladóttir, F.O., O. Arnalds og G. Gisladóttir 2005. The effect of landscape and retreating glaciers on wind erosion in south Iceland. *Land Degradation and Development* 16: 177–187.
- Greipsson, S. og A.J. Davy 1994. *Leymus arenarius*. Characteristics and uses of a dune-building grass. *Icelandic Agricultural Science* 8: 41–50.
- Guðrún Larssen og Sigurður Thorarinnsson 1977. H4 and other acid Hekla tephra layers. *Jökull* 27: 28–46.
- Guttormur Sigbjarnarson 1969. Áfok og uppblástur. Þættir úr gróðursögu Haukadalsheiðar. *Náttúrufræðingurinn* 39: 68–118.
- Harpa Kristín Einaradóttir 2007. *Áhrif áfoks á gróður*. Meistaraprófsritgerð í umhverfis- og auðlindafræði við Háskóla Íslands, Reykjavík.
- Haslett, S.K. 2000. *Coastal systems*. London: Routledge.
- Hákon Aðalsteinsson 1986. Vatnsaflsvirkjanir og vötn. *Náttúrufræðingurinn* 56: 109–131.
- Hill, N.M., P.A. Keddy og I.C. Wisheu 1998. A hydrological model for predicting the effects of dams on the shoreline vegetation of lakes and reservoirs. *Environmental Management* 22: 723–736.
- Hill, M.O. 1979a. *TWINSPAN. A FORTRAN program for arranging multivariate data in ordered two-way table by classification of the individuals and attributes*. Ithaca, NY: Cornell University, Ecology and Systematics.
- Hill, M.O. 1979b. *DECORANA. A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging*. Ithaca, NY: Cornell University, Ecology and Systematics.
- Hönnun og Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen 2001. *Hálslón - landbrot. Samantekt úr sérfræðiskýrslum um áhrif öldu og vinds*. Reykjavík: Landsvirkjun.
- Hönnun, Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen og Stuðull 2001. *Miðlunarlón vatnsaflsvirkjana. Athugun á rofi og setburði. Áfangaskýrsla*. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2001/016. Reykjavík: Hönnun, Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen og Stuðull.
- Hörður Kristinnsson 1998. *Íslenska plöntuhandbókin. Blómplöntur og birkningar*. Reykjavík: Mál og menning.
- Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 1982. *Blönduvirkjun. Jarðgrunnur á lónstæði og mat á áhrifum lónsins á jarðvegseyðingu*. Orkustofnun, OS82005/VOD02. Reykjavík: Orkustofnun.
- Ingibjörg Svala Jónsdóttir 1984. Áhrif beitar á gróður Auðkúluheiðar. *Náttúrufræðingurinn* 53(1–2): 19–40.
- Ingvi Þorsteinsson 1980. *Áhrif Blönduvirkjunar á gróður og beitarþol afréttarlands vestan og austan Blöndu*. Orkustofnun, OS800033/ROD14. Reykjavík: Orkustofnun.

- Ingvi Þorsteinsson 1991. Gróðurfar á Auðkúlu- og Eyvindarstaðaheiði. Í *Uppgræðsla á Auðkúluheiði og Eyvindarstaðaheiði 1991–1989*, bls. 17–21. Fjölrit RALA nr. 151. Reykjavík: Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- JMP SAS 2005. *JMP user guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Johnson, W.C. 2002. Riparian vegetation diversity along regulated rivers. Contribution of novel and relict habitats. *Freshwater Biology* 47: 749–759.
- Joeckel, R.M. og R.F. Diffendal 2004. Geomorphic and environmental change around a large aging reservoir. Lake C.W. McConaughy, Western Nebraska, USA. *The Geological Society of America* 10(1): 69–90.
- Kent, M., N.W. Owen, P. Dale, R.M. Newnham og T.M. Giles 2001. Studies of vegetation burial. A focus for biogeography and biogeomorphology? *Progress in Physical Geography* 25: 455–482.
- Kristín Svavarsdóttir og Ása L. Aradóttir 2006. Innlandar víðitegundir og notkun þeirra í landgræðslu. Í Kristín Svavarsdóttir, ritstj. *Innlandar víðitegundir. Líffræði og notkunarmöguleikar í landgræðslu*, bls. 9–20. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Lorang, M.S. og J.A. Stanford 1993. Variability of shoreline erosion and accretion within a beach compartment of Flathead Lake, Montana. *Limnology and Oceanography* 38(8): 1783–1795.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Matthías Loftsson og Eiríkur Freyr Einarsson 2007. *Blöndulón – Rofathugun. Samanburður loftmynda 1998 og 2004*. Landsvirkjun, LV-2007/014. Reykjavík: Landsvirkjun.
- Maun, M.A. 1998. Adaptions of plants to burial in coastal sand dunes. *Canadian Journal of Botany* 76: 713–738.
- McCune, B. og M.J. Mefford 1999. *PC-ORD. Multivariate analysis of Ecological Data. Version 4*. Gleneden Beach, OR: MjM Software Design.
- Medovar, Y.A. og N.P. Akhmeteva 1984. The reservoir effect of hydrogeological conditions of shore areas of the Ivankovo Reservoir. *Environmental Geology* 5: 219–224.
- Mickelson, D.M., T.B. Edil og D.E. Guy 2004. Erosion of coastal bluffs in the Great lakes. Í M.A. Hampton og G.B. Griggs, ritstj. *Formation evolution, and stability of coastal cliffs – status and trends*, bls. 107–123. United States Geological Survey
- Nilsson, C. 1981. *Dynamics of the shore vegetation of a North Swedish hydro-electric reservoir during a 5-year period*. Acta Phytogeographica Suecica 69. Uppsala: Svenska Växtgeografiska sällskapet.
- Nilsson, C. og P.A. Keddy 1988. Predictability of change in shoreline vegetation in a hydroelectric reservoir, Northern Sweden. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45: 1896–1904.
- Nilsson, C. og K. Berggren 2000. Alterations of riparian ecosystems caused by river regulation. *BioScience* 50: 783–792.
- Nilsson, C. og M. Svedmark 2002. Basic principles and ecological consequences of changing water regimes. Riparian plant communities. *Environmental Management* 30(4): 468–480.
- Nilsson, C., R. Jansson og U. Zinko 1997. Long-term responses of river-margin vegetation to water-level regulation. *Science* 276: 798–800.
- Oddur Sigurðsson, Fanney Ósk Gísladóttir og Sigmar Metúsalemsson 2001. *Norðlingaöldulón. Vindrof*. Reykjavík: VSÓ.

- Okin, G.S., B. Murray og W.H. Schlesinger 2001. Degradation of sandy arid shrubland environments. Observations, process modelling, and management implications. *Journal of Arid Environments* 47: 123–144.
- Okin, G.S., D.A. Gillette og J.E. Herrick 2006. Multi-scale controls on and consequences of aeolian processes in landscape change in arid and semi-arid environments. *Journal of Arid Environments* 65: 253–275.
- Owen, N.W., M. Kent og M.P. Dale 2004. Plant species and community responses to sand burial on the machair of the Outer Hebrides, Scotland. *Journal of Vegetation Science* 15: 669–678.
- Olga Kolbrún Vilmundardóttir, Borgþór Magnússon og Victor Helgason 2007. *Blöndulón. Vöktun á grunnvatni, gróðri og strönd. Áfangaskýrsla 2006*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-07007. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2007/047. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Olga Kolbrún Vilmundardóttir 2009. *Umhverfisbreytingar við Blöndulón. Strandrof og áhrif áfoks á gróður*. Meistaraprófsritgerð í landfræði við Háskóla Íslands, Reykjavík.
- Olga Kolbrún Vilmundardóttir, Borgþór Magnússon, Guðrún Gísladóttir og Sigurður H. Magnússon 2009. Áhrif sandfoks á mólendisgróður við Blöndulón. *Náttúrufræðingurinn* 78: 125–137.
- Ólafur Arnalds og Fanney Ósk Gísladóttir 2001. *Hálslón. Jarðvegur og jarðvegsrof*. Reykjavík: Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Peltzer, D.A. og M. Köchy 2001. Competitive effects of grasses and woody plants in mixed-grass prairie. *Journal of Ecology* 89: 519–527.
- Renöfält, B.M., R. Jansson og C. Nilsson 2009. Effects of hydropower generation and opportunities for environmental flow management in Swedish riverine ecosystems. *Freshwater Biology* 55: 49–67.
- Saint-Lorrain, D., B.N. Toulieb, J.P. Saucet, A. Whalen, B. Gagnon og T. Nzakimuena 2001. Effects of simulated water level management on shore erosion rates. Case study: Baskatong Reservoir, Québec, Canada. *Canadian Journal of Civil Engineering* 28: 487–495.
- Schwartz, F.W. og H. Zhang 2003. *Fundamentals of Ground Water*. New York, NY: John Wiley og Sons.
- Sigurður H. Magnússon 1994a. Growth and survival of *Festuca richardsonii* seedlings in an eroded gravel flat area in the highlands of southern Iceland. Í Sigurður H. Magnússon, *Plant colonization of eroded areas in Iceland*, grein 3, bls. 1–22. Doktorsritgerð við Lund University, Department of Ecology, Lundi, Svíþjóð.
- Sigurður H. Magnússon 1994b. Vegetation, seed bank and field germination following soil erosion. Í Sigurður H. Magnússon, *Plant colonization of eroded areas in Iceland*, grein 1, bls. 1–33. Doktorsritgerð við Lund University, Department of Ecology, Lundi, Svíþjóð.
- Sigurður H. Magnússon og Borgþór Magnússon 1995. *Uppgræðsla á Auðkúlu- og Eyvindarstaðaheiði. Mat á ástandi gróðurs sumarið 1994. Skýrsla til Landsvirkjunar*. Fjölrit RALA nr. 180. Reykjavík: Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Sigurður H. Magnússon, Kristbjörn Egilsson og Eypór Einarsson 1998. *Gróðurbreytingar við Lagarfljót 1976–1994*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-98019. Unnið fyrir Rafmagnsveitur ríkisins. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands,.
- Sigurður H. Magnússon og Kristbjörn Egilsson 2008. Gróðurbreytingar við Lagarfljót 1976–2004. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-08002. Unnið fyrir Rafmagnsveitur ríkisins. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.

- Sigurður Þórarinnsson 1971. Damage caused by tephra fall in some big Icelandic eruptions and its relation to the thickness of tephra layers. *Acta of the 1st International Scientific Congress on the Volcano of Thera, held in Greece 15th–23rd of September 1969*.
- Tolvanen, H., og T. Suominen 2005. Quantification of openness and wave activity in archipelago environments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 64: 436–446.
- van Donk, S.J. og E.L. Skidmore 2003. Measurements and simulation of wind erosion. Roughness degradation and residue decomposition on an agricultural field. *Earth Surface Processes and Landforms* 28: 1243–1258.
- Vilmundardóttir, O.K., B. Magnússon, G. Gísladóttir og Th. Thorsteinsson 2009. Shoreline erosion and aeolian deposition along a recently formed hydro-electric reservoir, Blöndulón, Iceland. *Geomorphology* 114: 542 – 555.
- Vogt, H. 1978. An ecological and environmental survey of the humic man-made lakes in Finland. *Aqua Fennica* 8: 12–24.
- Walker, M. 1996. Community baseline measurements for ITEX studies. Í U. Molau og P. Mølgaard, ritstj. *ITEX-manual*, bls. 39–41. Copenhagen: Danish Polar Centre.
- Winter, T.C., J.W. Harvey, O.L. Franke og W.M. Alley 2002. *Ground water and surface water: A single resource*. U.S. Geological Survey Circular 1139. Denver, CO: U.S. Geological Survey.
- Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1991. Áhrif áburðar og sáningar á gróður í tilraunareitum á Auðkúluheiði og Eyvindarstaðaheiði og eftirverkun áburðargjafar. Í Ingvi Þorsteinsson, ritstj. *Uppgræðsla á Auðkúluheiði og Eyvindarstaðaheiði 1981–1989*, bls. 89–103. Fjölrit RALA nr. 151. Reykjavík: Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1993. Effects of Winter Inundation on Tundra Vegetation in Iceland: Implications for Hydroelectric Development in the Arctic. *Arctic and Alpine Research* 25: 220–227.
- Þóra Ellen Þórhallsdóttir 1994. *Áhrif miðlunarlóns á gróður og jarðveg í Þjórsárverum*. Reykjavík: Líffræðistofnun Háskóla Íslands.
- Þróstur Eysteinnsson 1994. Áfoksgeiri við Kringlutjörn. Í *Græðum Ísland: Landgræðslan 1993–1994*, bls. 135–142. Árbók Landgræðslu ríkisins. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Zhan, T.L.T., W.J. Zhang og Y.M. Chen 2006. Influence of reservoir level change on slope stability of a silty soil bank. *ASCE Conference Proceedings* 189: 463–472.
- Zimmer, T.A.M., L.A. Penner og G.N. Cook 2004. Using integrated remote sensing and GIS technology to model and project shoreline erosion around Wuskwatim Lake, Manitoba. *Environmental Informatics Archives* 2: 927–937.

10 VIÐAUKAR

1. viðauki. Grunnvatnsstaða, handmælingar í október árið 2007.

Niðurstöður mælinga á grunnvatnsstöðu við Blöndulón 2.–3. október 2007. Vatnsborðshæð lónsins þessa daga var 477,8 m y.s.

Snið	Hola	Hæð rörops yfir jörðu cm	Dýpi á vatn frá röropi cm	Dýpi á grunnvatn undir yfirborði cm	Athugasemdir
1	1	42	>110		þurr á 110–42 cm
1	2	39	>115		þurr á 115–39 cm
1	3	18	>140		þurr á 140–18 cm
2	1	17	>100		þurr á 100–17 cm
2	2	20	>91		þurr á 91–20 cm
2	3	23	>101		þurr á 101–23 cm
3	2	0	>85		þurr á 85 cm
3	3	0	>91		þurr á 91 cm
4	2				á kafí í lóni (20 cm)
4	3	41	42	3	1
4	4	27	>55		Þurr á 55–27 cm
5	0	27	44	17	
5	1	25	>102		þurr á 102–25 cm
5	2	0	>105		þurr á 105–0 cm
5	3	16	>125		þurr á 125–16 cm
6	1	0	0	0	vatn á yfirborði mels
6	2	52	89	37	
6	3	31	97	66	
6	4	30	50	20	
6	5	36	79	43	
6	6	16	95	79	

2. viðauki. Grunnvatnstaða, síritamælingar árin 2003–2008.

Línurit yfir síritamælingar á grunnvatni og hitastigi á sniðum 1 og 6 við Blöndulón árin 2003–2008 og tengsl þeirra við lónborð, úrkomu og lofthita.

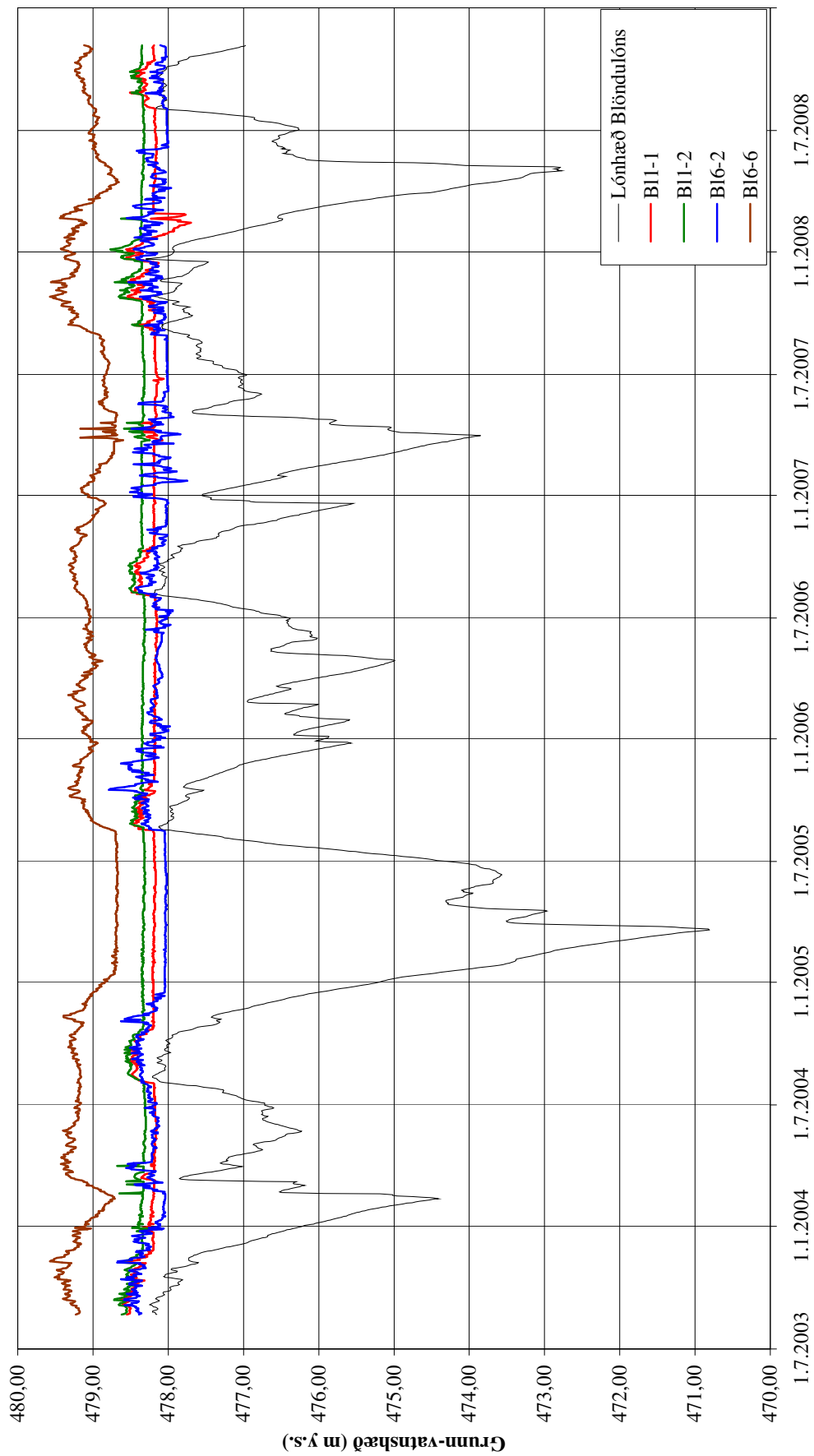
Viðauki 2.1. Samband lónhæðar Blöndulóns og grunnvatnshæðar í borholum sunnan lónsins.

Landsvirkjun
Rannsóknir



Landsvirkjun

Samband lónhæðar Blöndulóns og grunnvatnshæðar í borholum



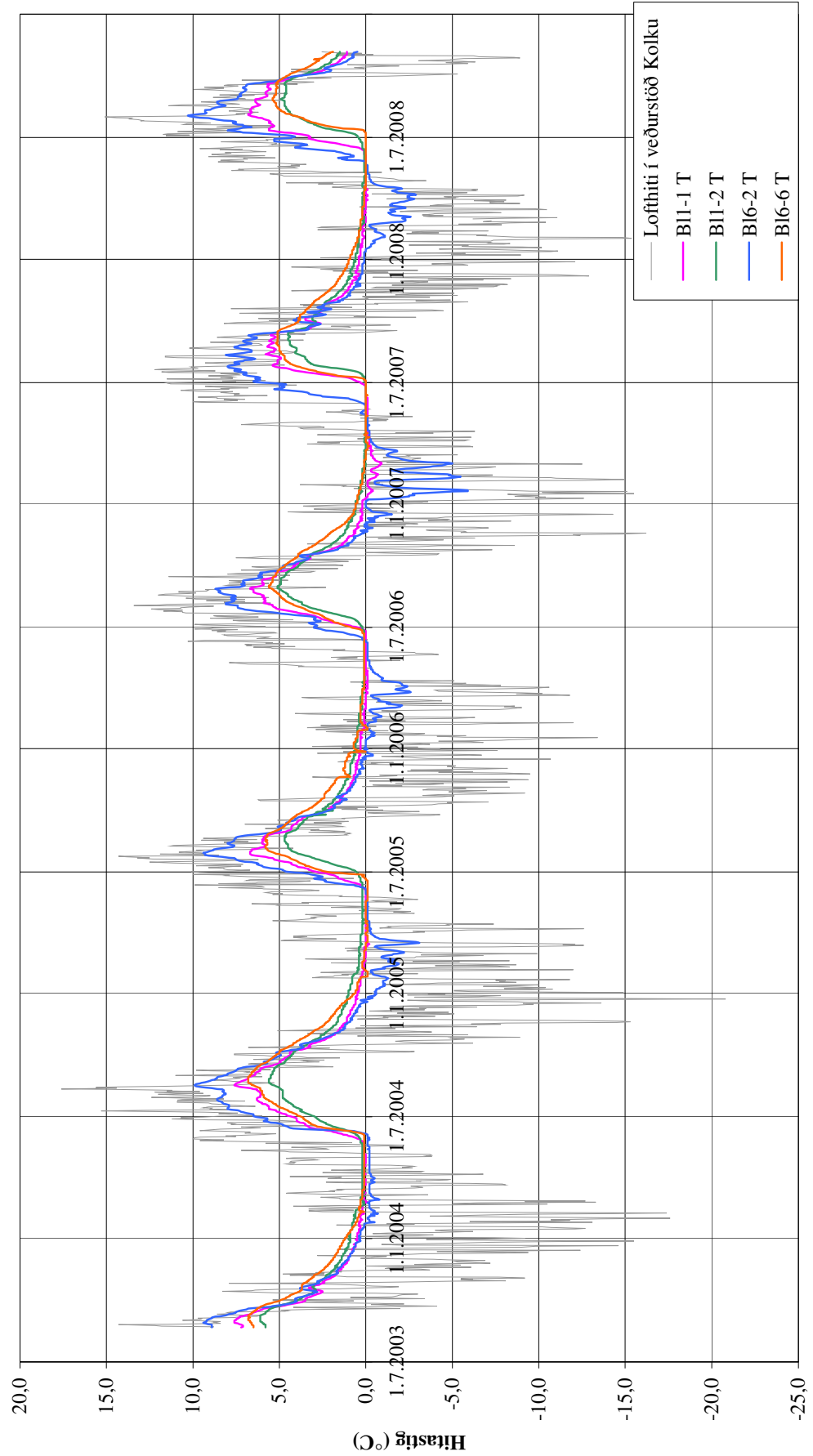
Víðauki 2.2. Samband lofthita við Kolku og grunnvatnshæðar í borholum sunnan lónsins.

Landsvirkjun
Rannsóknir

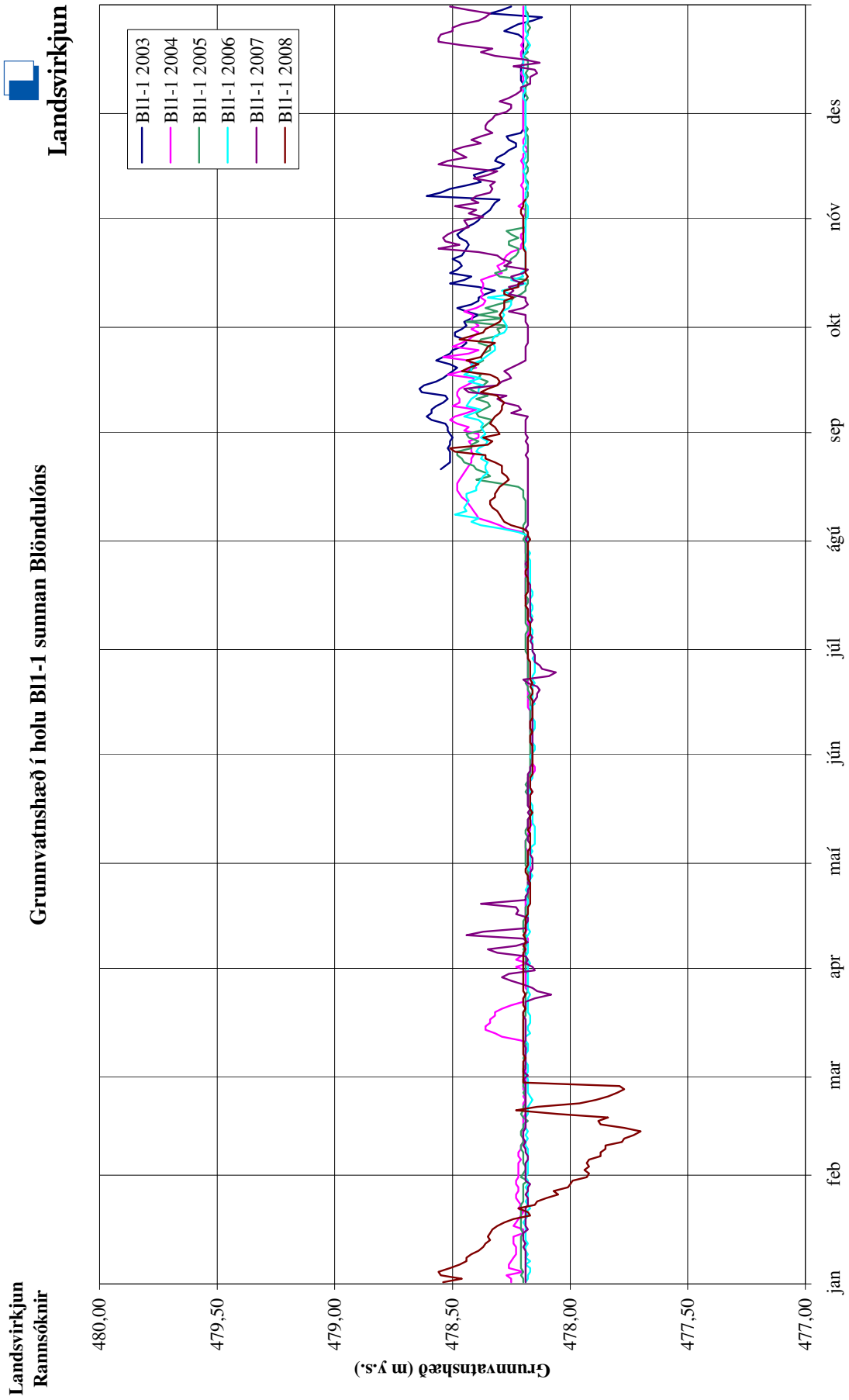


Landsvirkjun

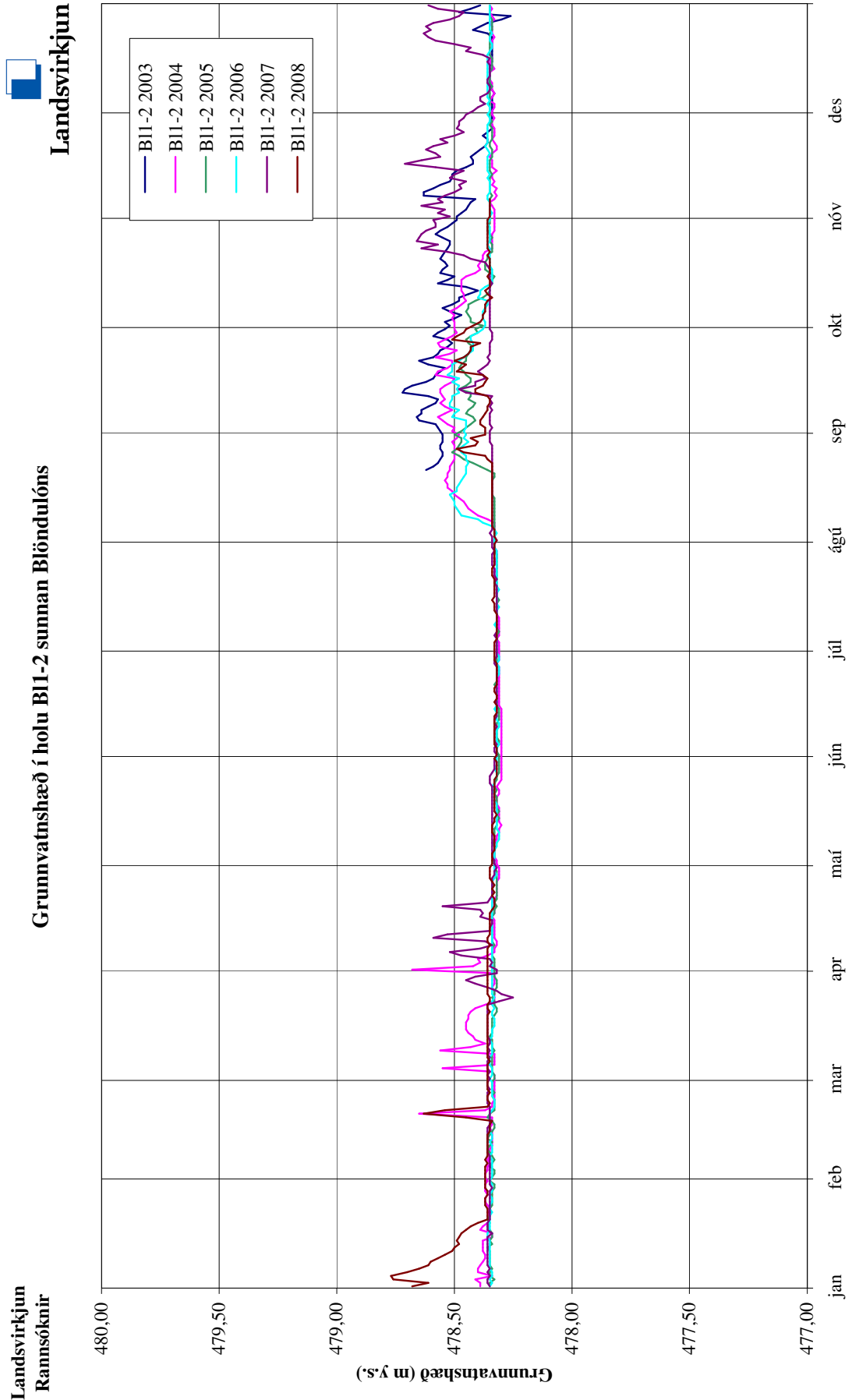
Samband lofthita við Kolku og hitastígs grunnvatns í borholum



Viðauki 2.3. Grunnvatnshæð í holu B11-1 sunnan Blöndulóns.



Viðauki 2.4. Grunnvatnshæði í holu B11-2 sunnan Blöndulóns.



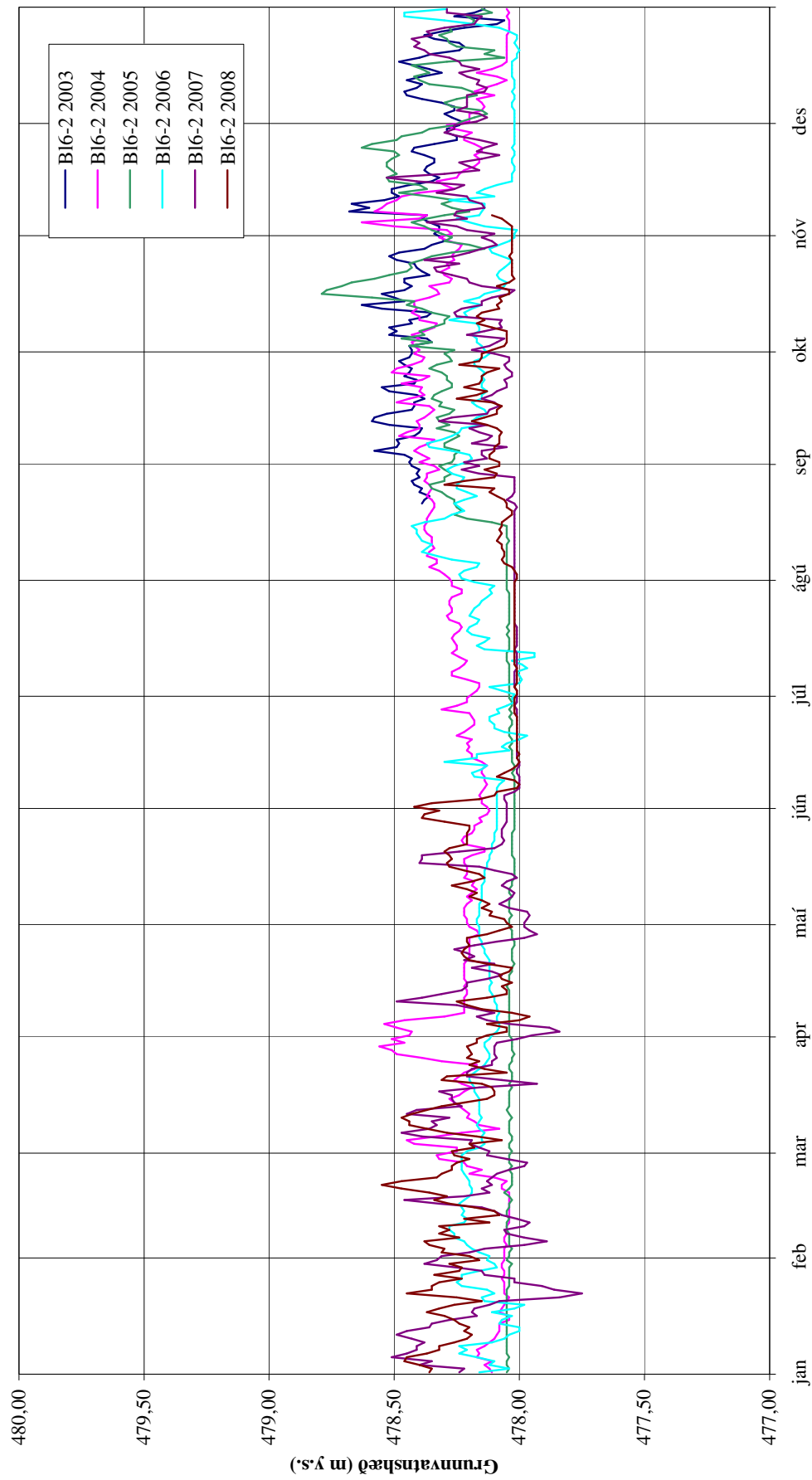
Viðauki 2.5. Grunnvatnshæð í holu B16-2 sunnan Blöndulóns.

Landsvirkjun
Ramsóknir

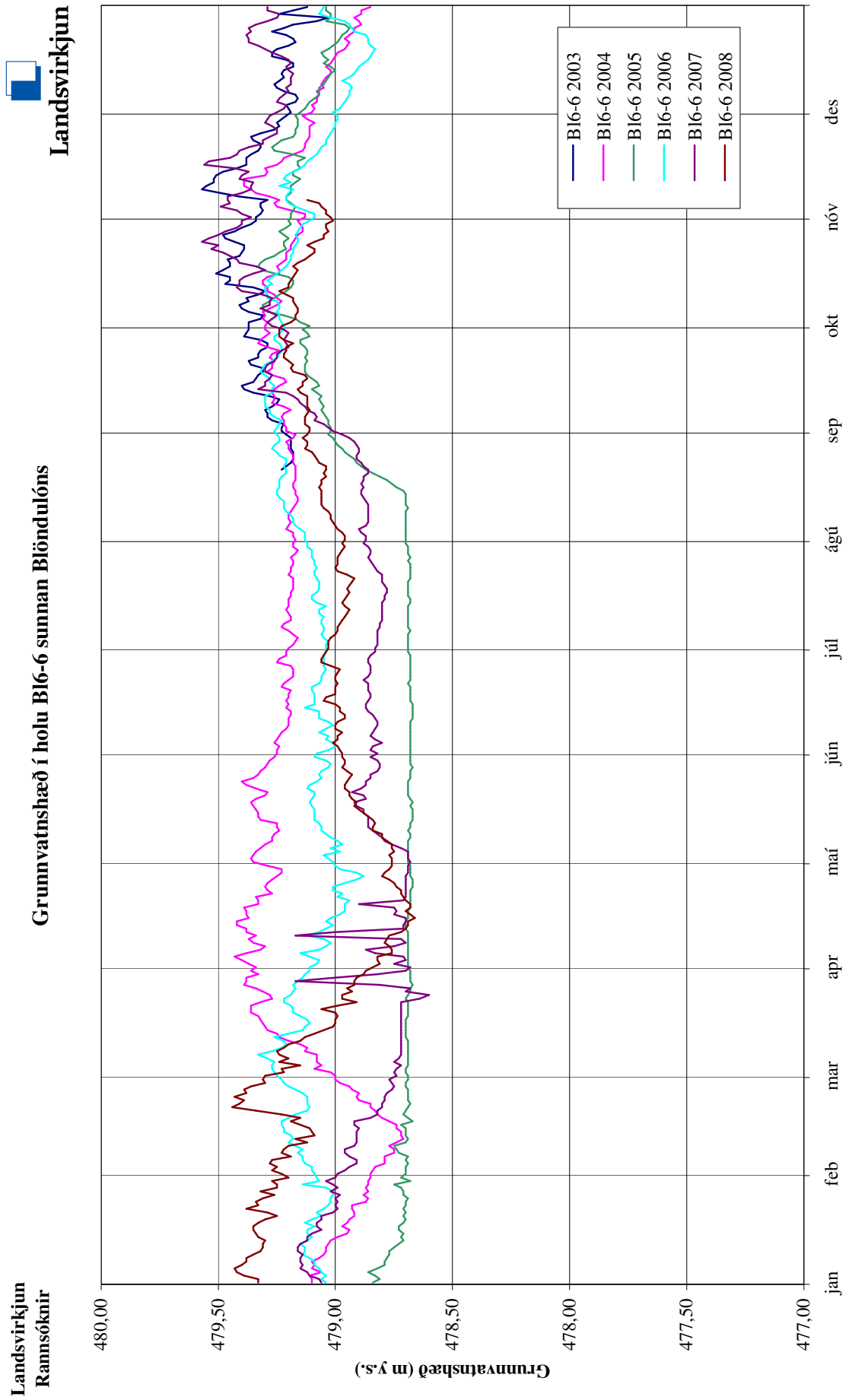


Grunnvatnshæð í holu B16-2 sunnan Blöndulóns

Landsvirkjun



Viðauki 2.6. Grunnvatnshæð í holu B16-6 sunnan Blöndulóns.

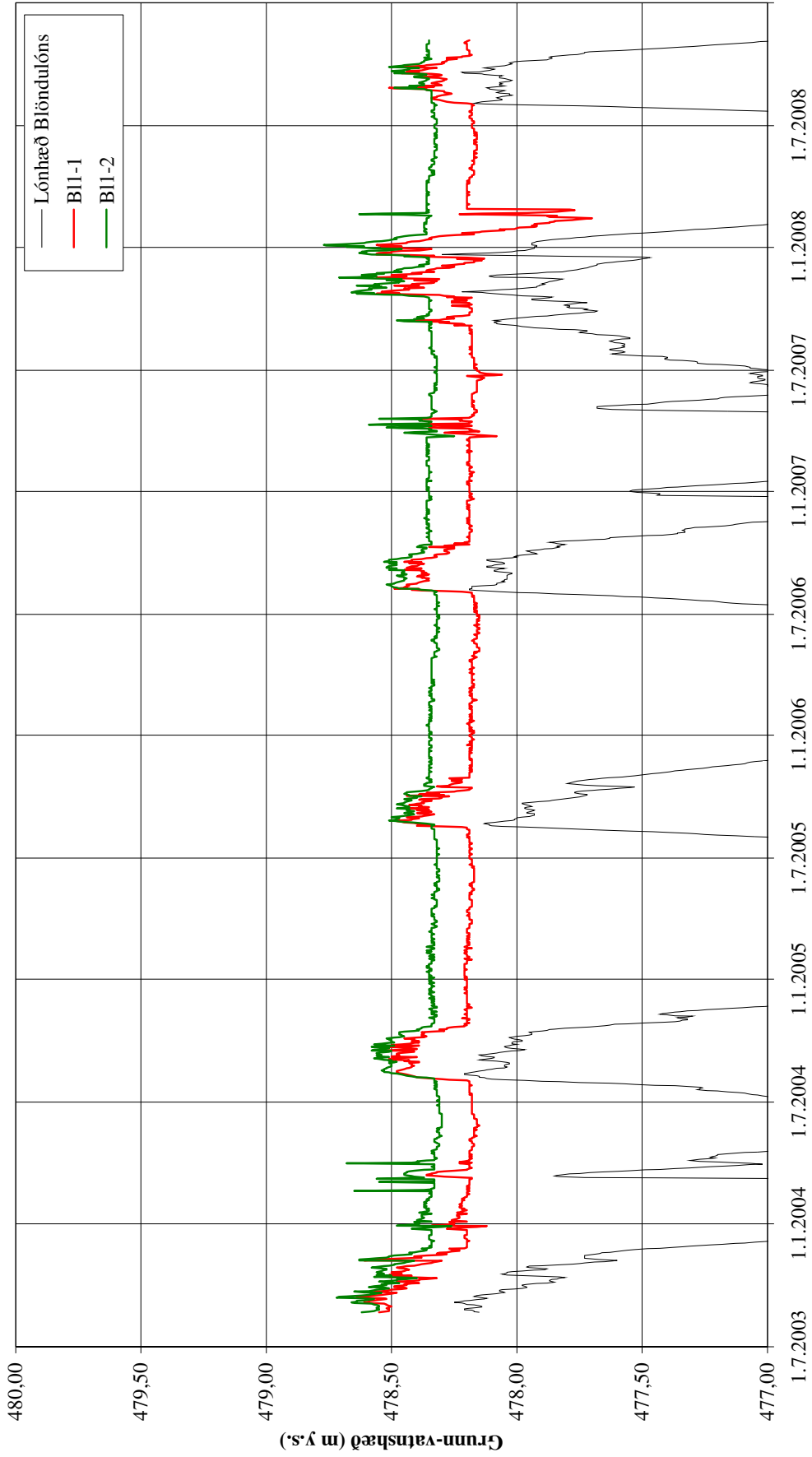


Viðauki 2.7. Samband lónhæðar Blöndulóns og grunnvatnshæðar í sniði 1.

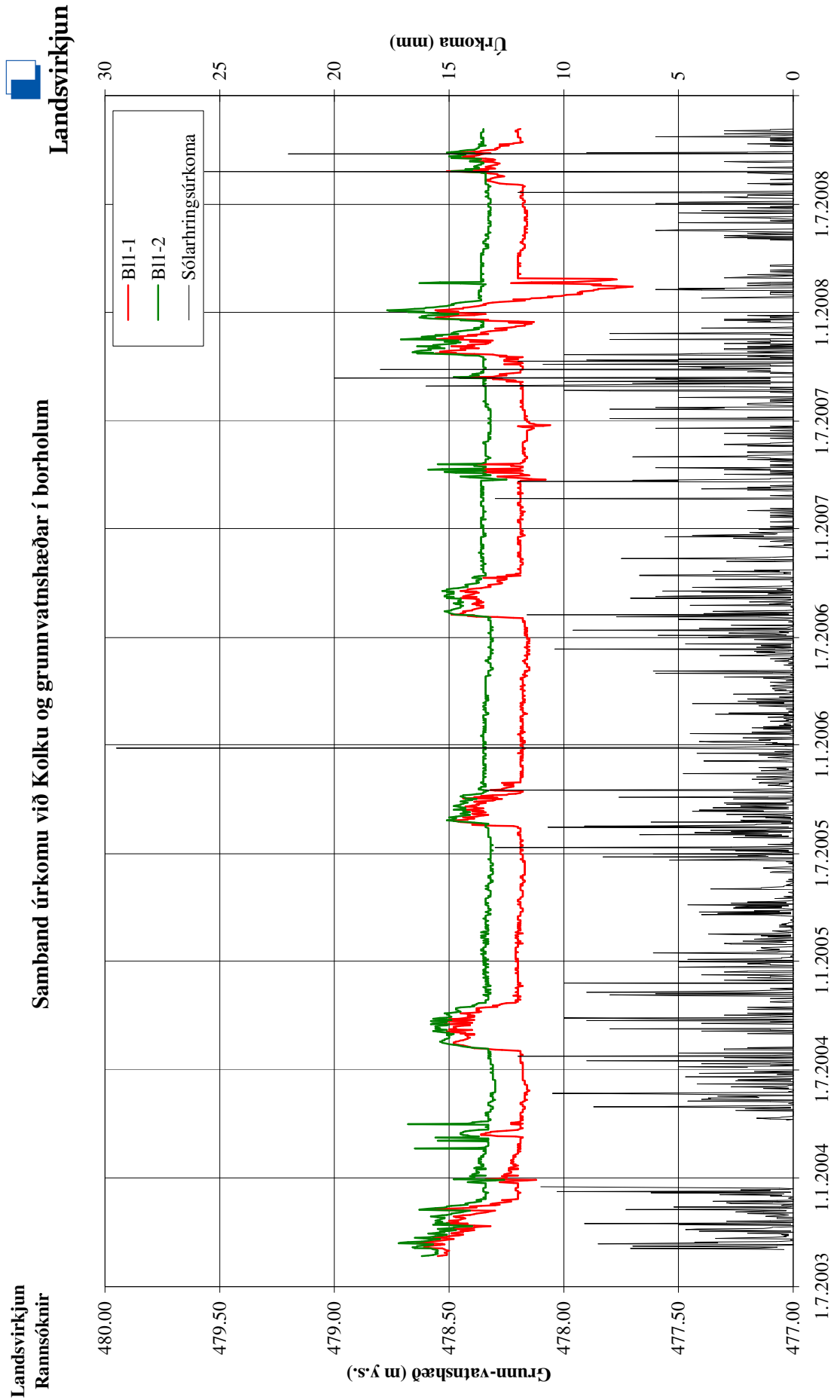
Landsvirkjun
Rannsóknir



Samband lónhæðar Blöndulóns og grunnvatnshæðar í borholum



Víðauki 2.8. Samband úrkomu við Kolku og grunnvatnshæðar í sniði 1.



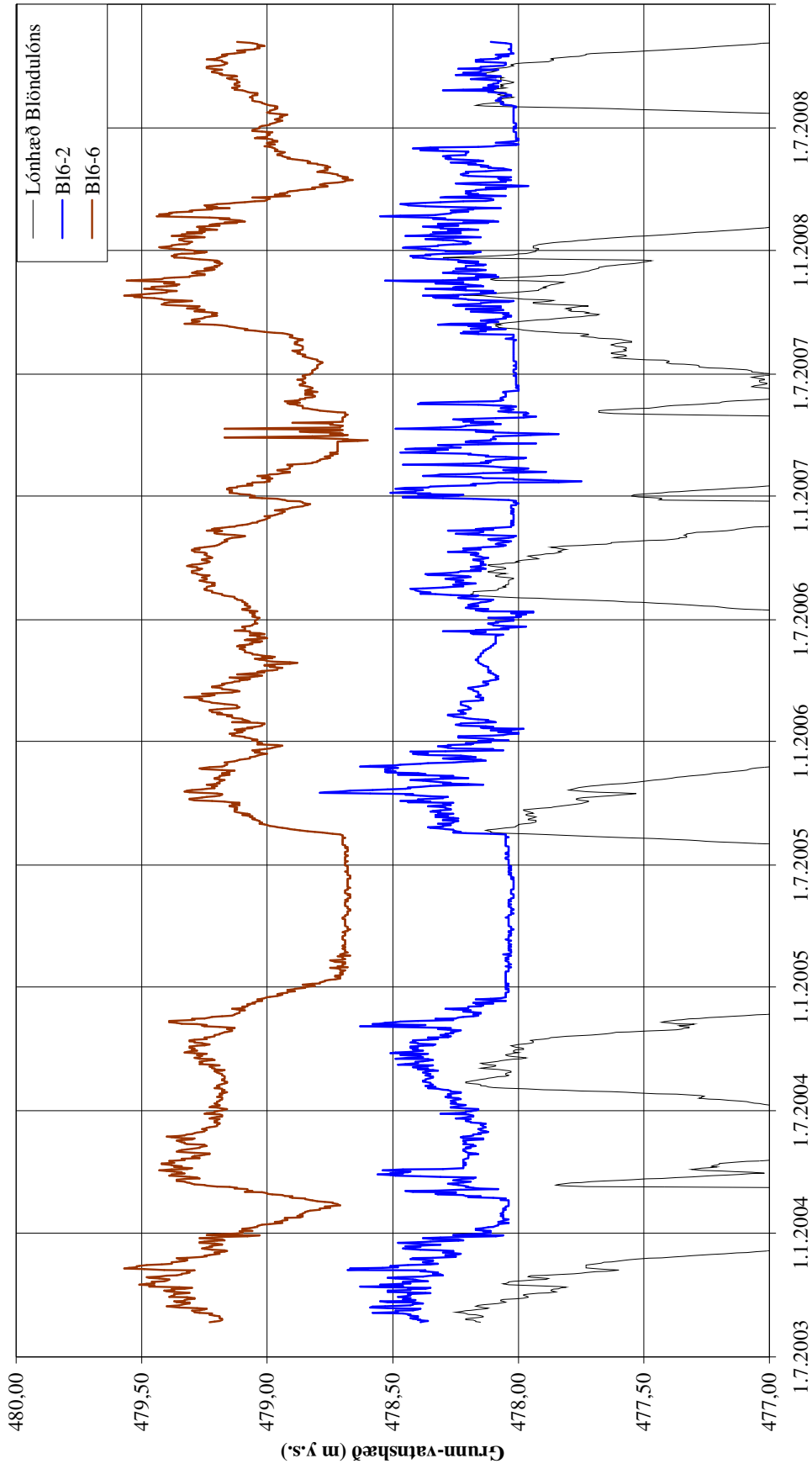
Viðauki 2.9. Samband lónhæðar Blöndulóns og grunnvatnshæðar í sniði 6.

Landsvirkjun
Ramsóknir

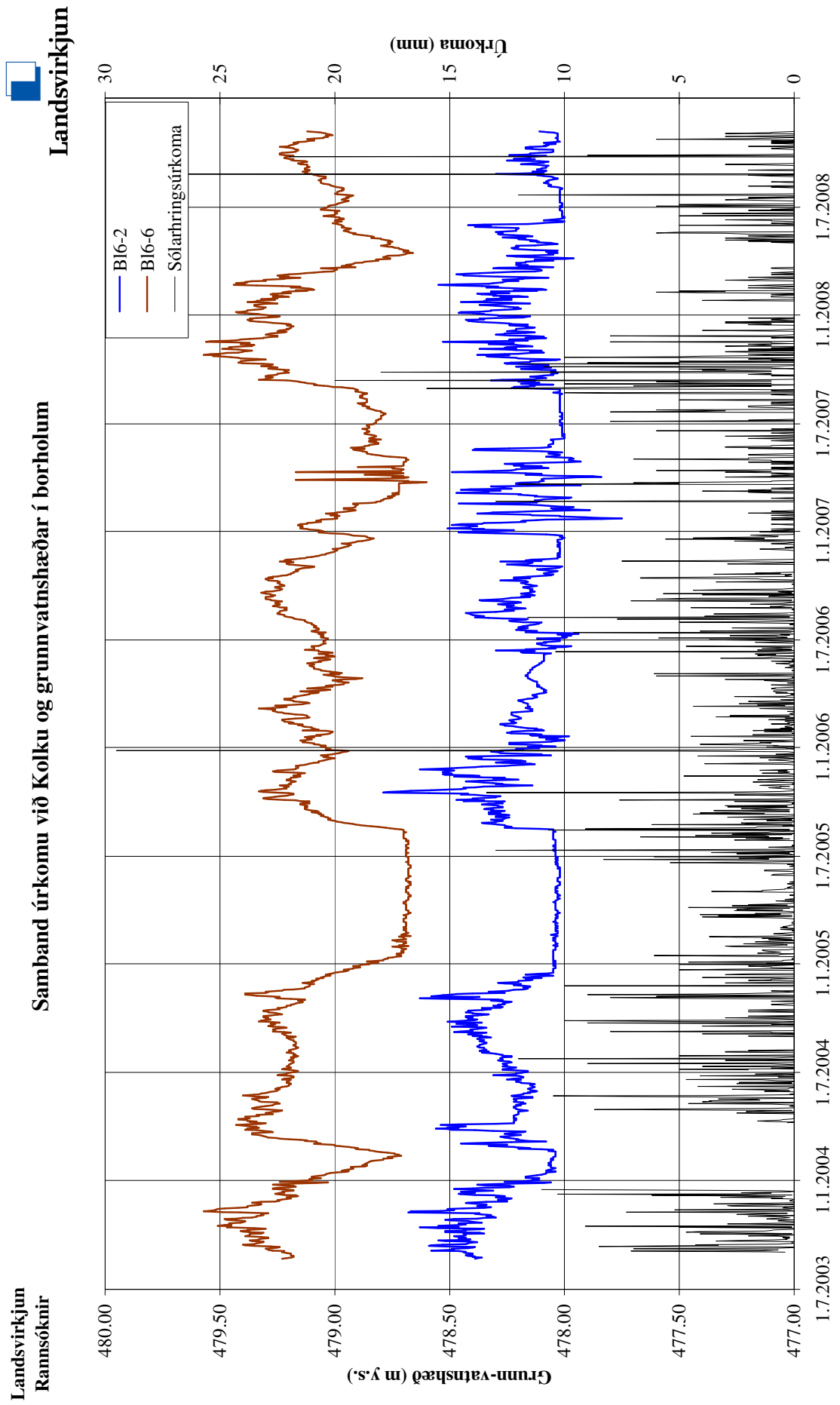


Landsvirkjun

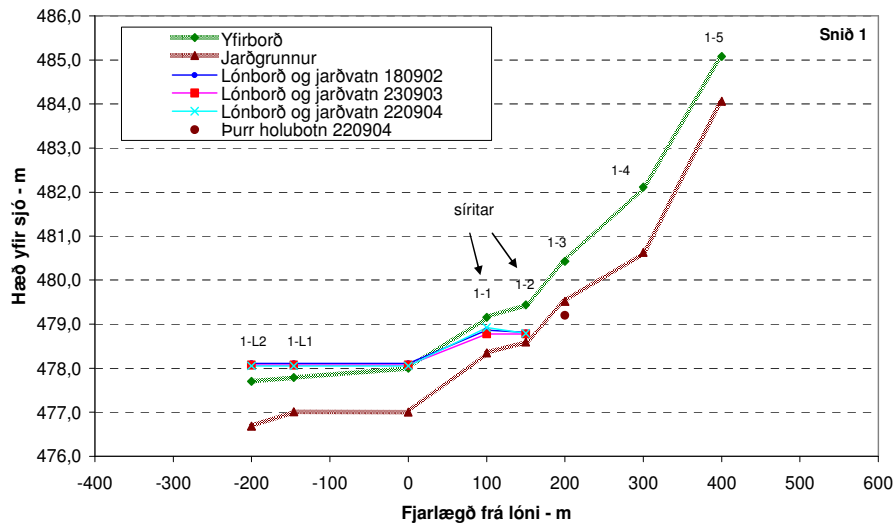
Samband lónhæðar Blöndulóns og grunnvatnshæðar í borholum



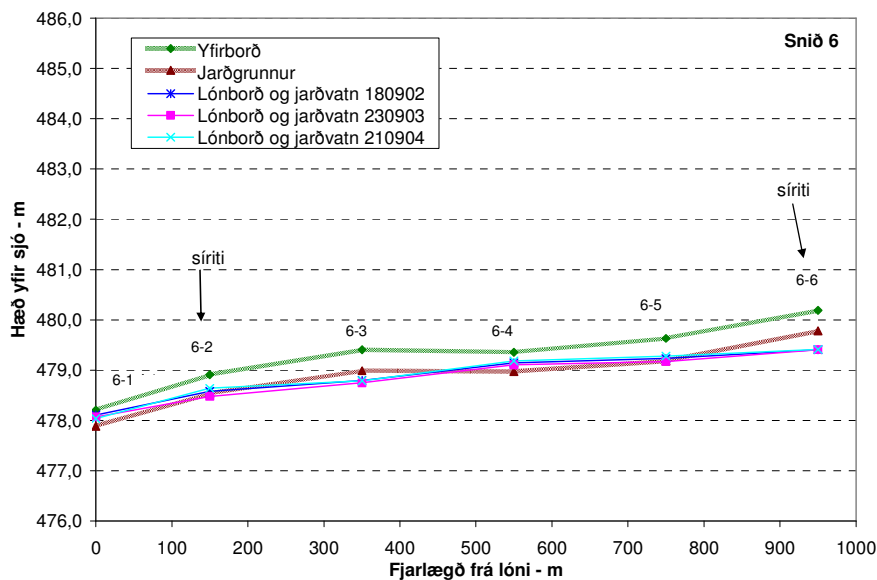
Viðauki 2.10. Samband úrkoma í Kolku og grunnvatns hæðar í sniði 6.



Viðauki 2.11. Grunnvatnsstaða og lónborð á sniðum 1 og 6 seinni hluta september árin 2002–2004 (tekið úr: Borgþór Magnússon og Victor Helgason 2004).

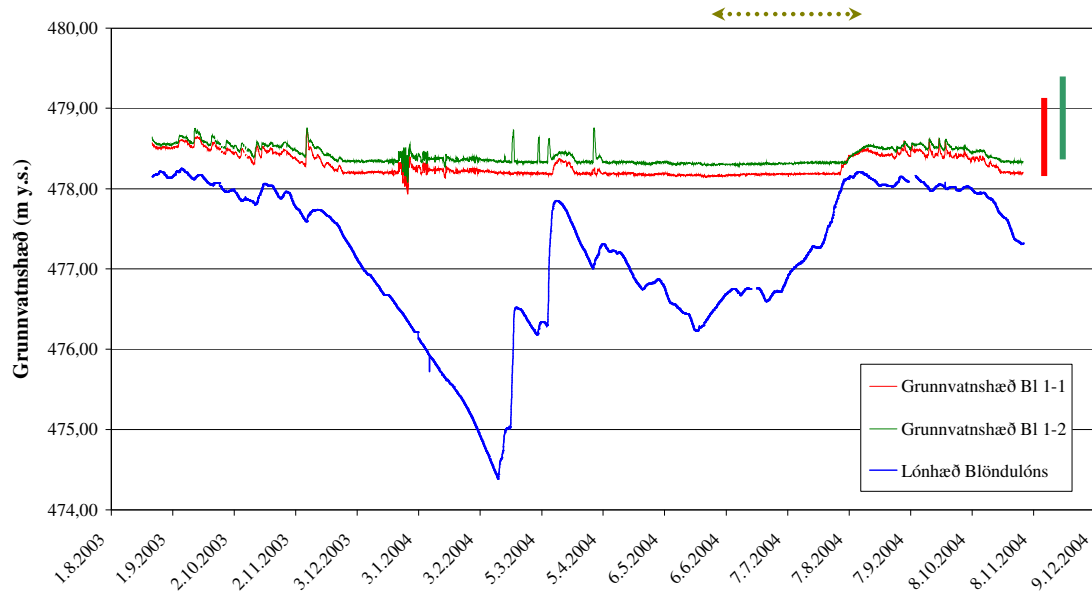


a. Grunnvatnsstaða (jarðvatn) og lónborð á sniði 1 við Blöndulón í seinni hluta september árin 2002–2004 Yfirborðshæð á sniði, dýpi á jarðgrunnslag (jarðvegsþykkt) og staðsetning síritandi grunnvatnsmæla kemur einnig fram á myndinni.

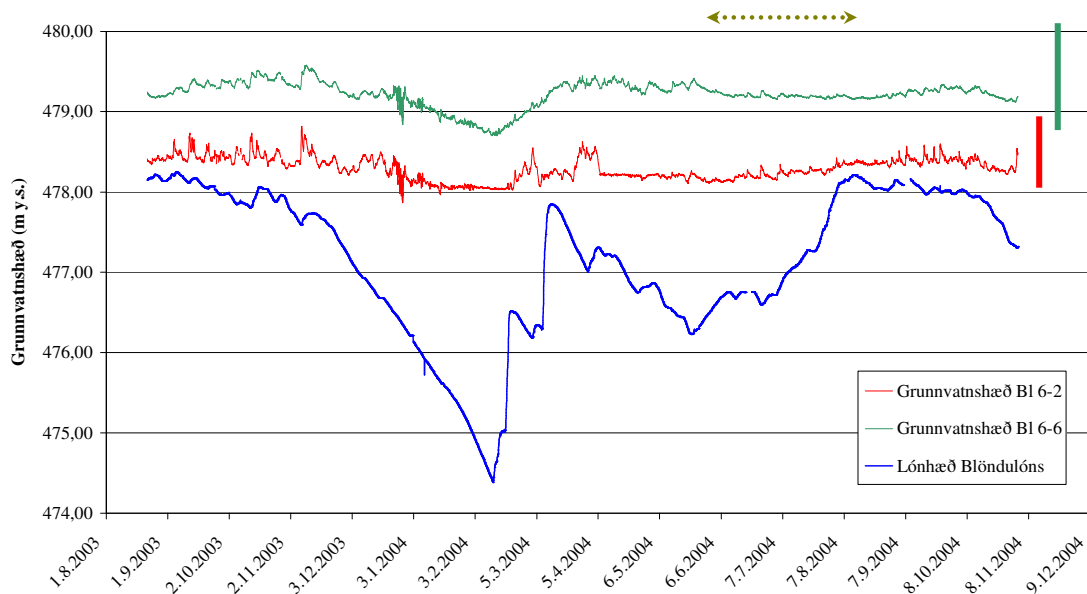


b. Grunnvatnsstaða (jarðvatn) og lónborð á sniði 6 við Blöndulón í seinni hluta september árin 2002–2004.

Viðauki 2.12. Sveiflur í grunnvatnsstöðu í holum á sniðum 1 og 6 á tímabilinu ágúst 2003 til nóvember 2004 (tekið úr: Borgþór Magnússon og Victor Helgason 2004).



a. Sveiflur í grunnvatnsstöðu í holum á sniði 1 og hæð lónboðs frá ágúst 2003–nóvember 2004, mælt með síritum. Lóðréttar línur til hægri marka holudýpt frá yfirborði en lárétt punktalína áætlaðan vaxtartíma gróðurs frá 1. júní–15. ágúst. Gögn frá Landsvirkjun.



b. Sveiflur í grunnvatnsstöðu í holum á sniði 6 og hæð lónboðs frá ágúst 2003–nóvember 2004, mælt með síritum. Lóðréttar línur til hægri marka holudýpt frá yfirborði en lárétt punktalína áætlaðan vaxtartíma gróðurs frá 1. júní–15. ágúst. Gögn frá Landsvirkjun.

3. Viðauki. Plöntutegundir og tíðni í reitum

Plöntutegundir og tíðni þeirra (1-10) í reitum á gróðursniðum við Blöndulón 1996, 1999 og 2006. Hver reitur er merktur í tímaröð A, B og C sem sýnd er framan við reitanúmer. Aðeins hluti mosa og fléttna var greindur til tegunda. Tegundum er raðað í stafrófsröð eftir latneskum heitum, fyrst háplöntum, síðan mosum og fléttum.

SNID 1 - tegund	latneskt heiti	A1-1	B1-1	C1-1	A1-2	B1-2	C1-2	A1-3	B1-3	C1-3	A1-4	B1-4	C1-4	A1-5	B1-5	C1-5	A2-1	B2-1	C2-1	
skriöfngresi	Agrostis stolonifera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
týtuöfngresi	Agrostis vinealis	2	1	1	6	2	5	2	3	4	0	0	0	0	0	0	9	2	10	
skeggsandi	Arenaria norvegica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
geldingahnappur	Armeria maritima	8	8	7	6	7	6	9	8	7	10	10	10	8	7	7	10	8	4	
smjörgras	Bartsia alpina	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0
fjalldrapi	Betula nana	8	9	8	6	6	8	10	10	10	9	9	9	10	10	9	2	2	3	
kornstúra	Bistorta vivipara	10	10	8	10	10	10	10	10	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
tungljurt	Botrychium lunaria	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
hálmgresi	Calamagrostis neglecta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
melablóm	Cardaminopsis petraea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stinnastör	Carex bigelowii	7	6	7	7	8	8	10	10	10	9	8	10	6	6	7	9	8	10	
hárléggjastör	Carex capillaris	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	4	0	
hnappstör	Carex capitata	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
blátoppastör	Carex curta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
rjúpastör	Carex lachenalii	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
bjúgstör	Carex maritima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
mýrastör	Carex nigra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fjallastör	Carex norvegica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
móastör	Carex rupestris	4	3	3	7	5	6	5	4	6	5	0	4	1	0	1	6	6	4	
slíðrastör	Carex vaginata	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	6	0	
mosalyng	Cassiope hypnoides	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0	0	0	0
músareyra	Cerastium alpinum	3	4	3	5	5	7	0	0	1	1	1	1	3	2	2	1	0	1	
fjallapunktur	Deschampsia alpina	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
snarrórtarpunktur	Deschampsia caespitosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
grávorbóm	Draba incana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
héluvorbóm	Draba nivalis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
vorbóm	Draba spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
holtasóley	Dryas octopetala	1	1	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0
krækilyng	Empetrum nigrum	10	10	10	10	10	9	6	5	7	10	10	10	10	10	10	10	9	10	10
klóelfting	Equisetum arvense	2	6	5	4	3	4	2	2	2	9	7	8	4	6	6	0	0	0	0
beitieski	Equisetum variegatum	8	7	8	4	7	5	6	5	6	3	3	3	8	8	6	7	7	7	
klóffá	Eriophorum angustifolium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hrafnafíffa	Eriophorum scheuchzeri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
augnfró	Euphrasia frigida	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
túnvingull	Festuca richardsonii	10	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	8	10	
blávingull	Festuca vivipara	8	2	3	3	2	1	10	8	9	6	3	7	4	0	2	4	1	0	
hvítmaðra	Galium normanii	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	
dýragras	Gentiana nivalis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
maríuvendlingur	Gentiana tenella	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hrossanál	Juncus arcticus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
flagasef	Juncus biglumis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
móasef	Juncus trifidus	3	2	4	7	7	9	1	1	1	3	2	2	4	6	6	4	3	4	
blómsef	Juncus triglumis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
þursakegg	Kobresia myosuroides	8	3	6	9	7	6	2	1	1	3	0	3	4	3	4	10	10	10	
naflagras	Koenigia islandica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
sauðamergur	Loiseleuria procumbens	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	7	0	0	0	0
axhæra	Luzula spicata	5	5	5	7	6	5	6	9	8	7	5	6	5	4	3	9	6	6	
fjallanóra	Minuartia biflora	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0
melanóra	Minuartia rubella	0	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
móanóra	Minuartia stricta	0	1	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	
lyfjagras	Pinguicula vulgaris	1	3	3	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	2	0	
fjallasveifgras	Poa alpina	1	2	4	4	3	3	1	0	0	1	2	2	1	2	0	2	3		
blásveifgras	Poa glauca	3	4	2	1	3	1	0	0	0	0	0	0	2	3	1	0	0	0	0
vallarsveifgras	Poa pratensis	3	4	0	0	0	1	8	7	2	6	6	5	5	5	4	4	3	0	
túnsúra	Rumex acetosa	0	0	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
snækrækill	Sagina nivalis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hnúskakrækill	Sagina nodosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
grávíðir	Salix callicarpaea	5	5	4	5	5	1	1	0	0	7	6	2	7	7	3	0	0	1	
grasvíðir	Salix herbacea	8	8	6	8	7	3	3	4	2	5	4	1	8	5	5	8	7	9	
þúfusteinbrjótur	Saxifraga caespitosa	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gullbrá	Saxifraga hirculus	1	2	1	2	3	3	0	0	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0
flagahnóðri	Sedum villosum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mosajafni	Selaginella selaginoides	2	2	2	4	2	5	0	1	0	0	0	0	1	0	0	5	2	2	
lambagras	Silene acaulis	5	6	4	7	8	9	7	6	7	4	4	5	4	5	6	5	5	6	
holurt	Silene uniflora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
brjóstagras	Thalictrum alpinum	10	10	10	10	10	10	10	10	9	10	8	9	7	4	4	10	10	10	
blóðberg	Thymus praecox	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
sýkigras	Tofieldia pusilla	1	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
lógresi	Trisetum spicatum	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
bláberjalýng	Vaccinium uliginosum	6	6	6	4	4	3	2	3	3	9	9	9	10	10	8	8	9	9	
ljósberi	Viscaria alpina	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
móasigð	Sanionia uncinata	9	9	6	9	10	9	10	9	10	10	9	9	10	10	8	3	3	2	
melagambri	Racomitrium ericoides	9	9	9	8	9	7	8	8	9	10	9	6	9	6	5	6	5	10	
hraungambri	Racomitrium lanuginosum	8	8	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	8	9	9	3	4	2	
mundagrös	Cetaria delisei	5	5	3	2	2	3	3	2	1	2	3	3	5	6	1	9	7	10	
fjallagrös	Cetraria islandica	9	8	9	9	10	10	6	8	7	8	9	9	7	9	10	0	0	0	
maríugrös	Cetraria nivalis	2	4	3	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hreindýrakrókar	Cladina arbuscula	9	8	9	7	8	9	0	1	2	0	4	4	10	10	10	2	1	2	
breiskjur	Sterocaulon spp.	7	8	7	2	3	0	1	1	3	1	1	2	1	1	0	1	1	2	

SNID 2 - tegund	latneskt heiti	A2-1	B2-1	C2-1	A2-2	B2-2	C2-2	A2-3	B2-3	C2-3	A2-4	B2-4	C2-4	A2-5	B2-5	C2-5	A2-6	B2-6	C2-6	
skriðlíngresi	Agrostis stolonifera				2															
týtu língresi	Agrostis vinealis	9	2	10	5	5	10	10	1	9	7	2	9	8	6	9	8	4	9	
skeggsandi	Arenaria norvegica																			
geldingahnappur	Armeria maritima	10	8	4	6	6	6	9	8	7	9	8	9	8	7	5	7	7	5	
smjörgras	Bartsia alpina																			
fjalldrapi	Betula nana	2	2	3	1	2	2	2	2	2	3	3	3	5	4	6	6	7	6	
kornsúra	Bistorta vivipara	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	
tungljurt	Botrychium lunaria		1								2	2	2							
hálmgresi	Calamagrostis neglecta																			
melablóm	Cardaminopsis petraea																			
stinnastör	Carex bigelowii	9	8	10	6	5	7	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	10	
hárlæggiastör	Carex capillaris	1	4		1	2	1	7	3		2	4	1	4	1		1			
hnappstör	Carex capitata							1	1		1	1		4	4	2				
blátoppastör	Carex curta																			
rjúpstör	Carex lachenalii																			
bjúgstör	Carex maritima			1																
mýrastör	Carex nigra																			
fjallastör	Carex norvegica																			
móastör	Carex rupestris	6	6	4	7	7	6	6	5	4	7	8	5	3	2	3	4	3	5	
slíðrastör	Carex vaginata		6		1			1	7		8			7	1		5	1		
mosalyng	Cassiope hypnoides												1							
músareyra	Cerastium alpinum	1		1	6	6	5	5	1	2	4	3	6			1	6	3	2	
fjallapunktur	Deschampsia alpina																			
snarrótarpuntur	Deschampsia caespitosa																			
grávorbóm	Draba incana												1	1						
héluvorbóm	Draba nivalis															1				
vorbóm	Draba spp.																			
holtasóley	Dryas octopetala																1			
krækilyng	Empetrum nigrum	10	9	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	10	10	10	9	9	9	
klóelfting	Equisetum arvense																			
beitieski	Equisetum variegatum	7	7	7	5	6	9	5	7	8	8	9	10	8	7	8	5	4	7	
klóffia	Eriophorum angustifolium																			
hrafnaffia	Eriophorum scheuchzeri																			
augnfró	Euphrasia frigida													1	1		2	1		
túnvingull	Festuca richardsonii	9	8	10	8	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
blávingull	Festuca vivipara	4	1		5	3		5	3	8	5	3	8	5	6	10	10	8	10	
hvítmaðra	Galium normanii	1	2	2	3	1	3	1		2	2	2	4		1		2	1	3	
dýragras	Gentiana nivalis																			
maríuvendlingur	Gentiana tenella																		1	
hrossanál	Juncus arcticus																			
flagasef	Juncus biglumis																			
móasef	Juncus trifidus	4	3	4	7	8	9	1	2	1	2	2	2	8	8	8	2	2	1	
blómsef	Juncus triglumis																			
þursaskegg	Kobresia myosuroides	10	10	10	8	8	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	10	9	8	
naflagras	Koenigia islandica																			
sauðamergur	Loiseleuria procumbens				1	1	1													
axhæra	Luzula spicata	9	6	6	9	5	9	4	2	5	7	6	5	7	5	3	7	5	8	
fjallanóra	Minuartia biflora	2	1		4	2	4	1		2	2	2	1	2	1		1	1	1	
melanóra	Minuartia rubella				2															
móanóra	Minuartia stricta			1	1			1		1			1							
lyfjagras	Pinguicula vulgaris	1	2		1	1	1													
fjallasveifgras	Poa alpina	2	2	3	5	3	5	6	3	5	1	1		2	2	2	2	2	1	
blásveifgras	Poa glauca						1													
vallarsveifgras	Poa pratensis	4	3		1			2	2	2	3	1		1	1		2	1		
túnsúra	Rumex acetosa		1		5	4	2	1	1	1										
snækrækil	Sagina nivalis																			
hnúskakrækil	Sagina nodosa																			
grávíðir	Salix callicarpaea			1			1				1									
grasvíðir	Salix herbacea	8	7	9	8	6	7	4	6	3	7	5	6	10	8	7	9	5	5	
þúfusteibrjótur	Saxifraga caespitosa				1	1	1						1	1						
gullbrá	Saxifraga hirculus																			
flagahnóðri	Sedum villosum						1													
mosajafni	Selaginella selaginoides	5	2	2	3	4	4	5	2	3	4	1	3	5	5	5	4	3	6	
lambagras	Silene acaulis	5	5	6	6	7	8	3	3	3	7	7	6	5	6	5	7	6	5	
holurt	Silene uniflora																			
brjóstagras	Thalictrum alpinum	10	10	10	9	10	9	10	10	10	10	10	10	10	9	9	10	10	10	
blóðberg	Thymus praecox				2		1													
sýkiðgras	Tofieldia pusilla				1		1													
lógresi	Trisetum spicatum			1			1							3	2	3	1	1	2	
bláberjalyng	Vaccinium uliginosum	8	9	9	9	8	7	9	9	9	8	8	7	8	10	8	6	5	5	
ljósberi	Viscaria alpina				3	2	5						1				1	1	1	
móasigð	Sanionia uncinata	3	3	2	6	4	4	3	9	4	9	10	8	9	7	7	8	7	7	
melagambri	Racomitrium ericoides	6	5	10	9	7	9	9	4	6	10	7	9	10	10	10	10	10	9	
hraungambri	Racomitrium lanuginosum	3	4	2	1	4	5	9	9	9	8	7	8	5	5	5	7	7	6	
mundagrös	Cetraria delisei	9	7	10	9	9	9	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
fjallagrös	Cetraria islandica				1			5	6	6	7	3	7			1	1	2	6	
maríugrös	Cetraria nivalis																			
hreindýrakrókar	Cladonia arbuscula	2	1	2	2	2	3	6	4	6	2	1	3		1		3	3	3	
breiskjur	Sterocaulon spp.	1	1	2	1	1	2				2			1	2		1	1		

SNID 3 - tegund	latneskt heiti	A3-2	B3-2	C3-2	A3-3	B3-3	C3-3	A3-4	B3-4	C3-4
skriðlíngresi	Agrostis stolonifera								1	
týtu língresi	Agrostis vinealis		1							2
skeggsandi	Arenaria norvegica		1	1		3			2	
geldingahnappur	Armeria maritima	9	9	9	5	5	7	4	5	7
smjörgras	Bartsia alpina	4	3	5	3	7	5	1		1
fjalldrapi	Betula nana	4	5	6	6	6	5	7	8	8
kornstúra	Bistorta vivipara	10	9	8	10	9	10	10	10	10
tungljurt	Botrychium lunaria		1	1						
hálmgresi	Calamagrostis neglecta									
melablóm	Cardaminopsis petraea									
stinnastör	Carex bigelowii		1					2	2	2
hárleggjastör	Carex capillaris			2		1				
hnappstör	Carex capitata									
blátoppastör	Carex curta									
rjúpastör	Carex lachenalii									
bjúgstör	Carex maritima									
mýrastör	Carex nigra									
fjallastör	Carex norvegica									
móastör	Carex rupestris	9	8	10	10	10	10	7	7	8
slíðrastör	Carex vaginata									
mosalyng	Cassiope hypnoides									
músareyra	Cerastium alpinum	5	5	5	4	5	5	4	2	6
fjallapunktur	Deschampsia alpina									
snarrótarpuntur	Deschampsia caespitosa									
grávorbóm	Draba incana									
héluvorbóm	Draba nivalis									
vorblóm	Draba spp.					2			1	
holtasóley	Dryas octopetala	10	10	10	9	10	10	9	9	9
krækilyng	Empetrum nigrum	10	8	9	9	9	9	9	8	8
klóelfting	Equisetum arvense									
beitieski	Equisetum variegatum	7	6	5	2	2	3	2	1	4
klóiffa	Eriophorum angustifolium									
hrafnafíffa	Eriophorum scheuchzeri									
augnfró	Euphrasia frigida		2		1	2				
túnvingull	Festuca richardsonii	10	9	10	5	6	9	6	6	7
blávingull	Festuca vivipara	10	5	7	5	5	6	4	3	3
hvítmaðra	Galium normanii	1		3	1			3	2	1
dýragras	Gentiana nivalis									
maríuvendlingur	Gentiana tenella						1			
hrossanál	Juncus arcticus									
flagasef	Juncus biglumis									
móasef	Juncus trifidus	7	6	6	1	2	2	2	4	3
blómsef	Juncus triglumis									
þursakegg	Kobresia myosuroides	8	7	7	7	5	9	9	8	8
naflagras	Koenigia islandica									
sauðamergur	Loiseleuria procumbens									
axhæra	Luzula spicata	3	4	6	4	4	7	3	2	
fjallanóra	Minuartia biflora	2	3	3	4	4	3	1		
melanóra	Minuartia rubella	1								1
móanóra	Minuartia stricta		3	1	3	4	1	1	1	1
lyfjagras	Pinguicula vulgaris	3	6	7	1	2	5	3	4	6
fjallasveifgras	Poa alpina	8	5	7	3	3	3	2	1	
blásveifgras	Poa glauca	2	2	2	4	3	4	2	2	4
vallarsveifgras	Poa pratensis							1	1	
túnsúra	Rumex acetosa									
snækrækill	Sagina nivalis									
hnúskakrækill	Sagina nodosa									
grávíðir	Salix callicarpaea	4	3	6	3	3	2	3	2	3
grasvíðir	Salix herbacea	4	3	4	3	3	4	6	6	6
þúfusteinbrjótur	Saxifraga caespitosa			1	2		1		1	
gullbrá	Saxifraga hirculus									1
flagahnoðri	Sedum villosum									
mosajafni	Selaginella selaginoides	1		1			1		1	1
lambagras	Silene acaulis	9	8	6	4	4	7	9	5	7
holurt	Silene uniflora									
brjóstagras	Thalictrum alpinum	8	7	9	4	4	5	6	5	7
blóðberg	Thymus praecox	3	4	4	3	5	7	3	3	2
sýki gras	Tofieldia pusilla	3	3	4	3	2	4			2
lógresi	Trisetum spicatum	1	3	2		2	1	2	3	3
bláberjalýng	Vaccinium uliginosum	8	8	7	6	6	7	6	6	7
ljósberi	Viscaria alpina						2		2	2
móasigð	Vasionia uncinata	4	6	6	1	3	3	5	6	5
melagambri	Racomitrium ericoides	6	9	5	4	6	8	7	7	6
hraungambri	Racomitrium lanuginosum	9	8	7	7	8	9	10	10	8
mundagrös	Cetraria delisei	7	10	10	6	6	9	2	4	2
fjallagrös	Cetraria islandica	8	9	8	5	5	9	7	8	8
maríugrös	Cetraria nivalis	2	1	2	1	2	2	2	1	2
hreindýrakrókar	Cladina arbuscula	7	6	5	1	1	1	4	5	7
breiskjur	Sterocaulon spp.	2	2	2	5	3	6	1	3	4

SNID 4 - tegund	latneskt heiti	A4-3	B4-3	C4-3	A4-4	B4-4	C4-4	A4-5	B4-5	C4-5
skriðlíngresi	Agrostis stolonifera	1	2							
týtlíngresi	Agrostis vinealis		1	2						
skeggsandi	Arenaria norvegica				1	2			2	2
geldingahnappur	Armeria maritima	9	7	1	8	8	9	5	4	3
smjörgras	Bartsia alpina									
fjalldrapi	Betula nana	1	2	1						
kornsúra	Bistorta vivipara	2	9	5						
tungljurt	Botrychium lunaria									
hálmgresi	Calamagrostis neglecta	1	2	5						
melablóm	Cardaminopsis petraea	1			3	3	1		6	
stinnastör	Carex bigelowii		1	2						
hárleggjastör	Carex capillaris									
hnappstör	Carex capitata		1							
blátoppastör	Carex curta			1						
rjúpstör	Carex lachenalii									
bjúgstör	Carex maritima			3						
mýrastör	Carex nigra		1	1						
fjallastör	Carex norvegica									
móastör	Carex rupestris									
slíðrastör	Carex vaginata									
mosalyng	Cassiope hypnoides									
músareyra	Cerastium alpinum	5	6	2	4	5	3	1	3	4
fjallapuntur	Deschampsia alpina	1	1	8						
snarrótarpuntur	Deschampsia caespitosa					5				
grávorblóm	Draba incana						5			8
heluvorblóm	Draba nivalis								1	
vorblóm	Draba spp.					1				
holtasóley	Dryas octopetala	1	1	1						
krækilyng	Empetrum nigrum	1	2	5			7			1
klóelfting	Equisetum arvense	9	10	3	2	4				
beitieski	Equisetum variegatum		1			1				
klóffía	Eriophorum angustifolium	1	3	6						
hrafnafífa	Eriophorum scheuchzeri			6						
augnfró	Euphrasia frigida	1	1	5			1			
túnvingull	Festuca richardsonii	10	9		10	10	10	10	10	10
blávingull	Festuca vivipara	4	5	5		2	8			3
hvítmaðra	Galium normanii			1						
dýragras	Gentiana nivalis									
maríuvendlingur	Gentiana tenella			2	2					
hrossanál	Juncus arcticus			4						
flagasef	Juncus biglumis	5	9	1						
móasef	Juncus trifidus									
blómsef	Juncus triglumis	2		4						
þursaskegg	Kobresia myosuroides	1	1	1						
naflagras	Koenigia islandica	1	9	5		3				
sauðamergur	Loiseleuria procumbens									
axhæra	Luzula spicata	10	7	2	4	7	10	2	5	9
fjallanóra	Mínuartia biflora	2								
melanóra	Mínuartia rubella									1
móanóra	Mínuartia stricta									
lyfjagras	Pinguicula vulgaris		2	3						
fjallasveifgras	Poa alpina	10	7	4	3	6	8	5	8	8
blásveifgras	Poa glauca	5	1		3	7	9	1	4	4
vallarsveifgras	Poa pratensis					5	8		7	5
túnsúra	Rumex acetosa	8	6	2	8	7	8	6	8	10
snækrækill	Sagina nivalis								3	
hnúskakrækill	Sagina nodosa	10	9	3	1	8	5		1	5
grávíðir	Salix callicarpaea	1	5	3						
grasvíðir	Salix herbacea	7	9	9			1			
þúfusteinbrjótur	Saxifraga caespitosa	1	3							
gullbrá	Saxifraga hirculus									
flagahnoðri	Sedum villosum	10	9	7		6	9		1	1
mosajafni	Selaginella selaginoides									
lambagras	Silene acaulis	4	5		4	5	6	6	6	6
holurt	Silene uniflora				6	2		8	5	1
brjóstagras	Thalictrum alpinum	1	1							
blóðberg	Thymus praecox	4	3	2	1	4	8		6	2
sýkigras	Tofieldia pusilla			1						
lógresi	Trisetum spicatum	1	1			2	2		1	
bláberjalýng	Vaccinium uliginosum									
ljósberi	Viscaria alpina	5	5							
móasigð	Sanionia uncinata	1	1				2			
melagambri	Racomitrium ericoides	4	7				1			1
hraungambri	Racomitrium lanuginosum	1								
mundagrös	Cetraria delisei	3	1							
fjallagrös	Cetraria islandica									1
maríugrös	Cetraria nivalis									
hreindýrakraókar	Cladonia arbuscula									
breiskjúr	Sterocaulon spp.									1

SNID 5 - tegund	latneskt heiti	A5-5	B5-0	C5-0	A5-1	B5-1	C5-1	A5-2	B5-2	C5-2	A5-3	B5-3	C5-3	A5-4	B5-4	C5-4
skriðlíngresi	Agrostis stolonifera															
týulíngresi	Agrostis vinealis	5	2	1	3	2	3	1	1	1				1	1	2
skeggsandi	Arenaria norvegica															
geldingahnappur	Armeria maritima	6	6	5	7	6	7	9	8	9	10	10	10	8	7	5
smjörgras	Bartsia alpina		2											1	2	2
fjalldrapi	Betula nana	7	6	6	10	10	10	9	9	10	10	10	10	9	9	8
kornsúra	Bistorta vivipara	9	8	5	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
tungljurt	Botrychium lunaria	1														
hálmgresi	Calamagrostis neglecta		1													
melablóm	Cardaminopsis petraea															
stinnastör	Carex bigelowii	8	9	9	6	6	7	8	7	8	10	9	10	1		2
hárleggjastör	Carex capillaris						1						1		1	
hnappstör	Carex capitata				1	1					1	1				
blátoppastör	Carex curta															
rjúpstör	Carex lachenalii															
bjúgstör	Carex maritima															
mýrastör	Carex nigra															
fjallastör	Carex norvegica															
móastör	Carex rupestris	3	5	1	5	4	3	10	8	9	2	2	3	3	2	2
slíðrastör	Carex vaginata					1										
mosalyng	Cassiope hypnoides	1												4	2	3
músareyra	Cerastium alpinum	3	5		3	4	5	1		1				3	3	4
fjallapunktur	Deschampsia alpina										1					
snarrótarpuntur	Deschampsia caespitosa															
grávorbóm	Draba incana															
héluvorbóm	Draba nivalis															
vorbóm	Draba spp.															
holtasóley	Dryas octopetala	5	2		5	5	4	1	1	2				5	5	6
krækilyng	Empetrum nigrum	10	4	3	7	7	9	6	8	7	9	10	10	10	10	10
klóelfting	Equisetum arvense	2	3	2	7	7	8	8	8	9	4	3	5	2	4	4
beitieski	Equisetum variegatum	10	3	2	2	3	3	3	5	3	6	5	7	10	8	8
klóffia	Eriophorum angustifolium															
hrafnafífa	Eriophorum scheuchzeri															
augnfró	Euphrasia frigida										1				1	
túnvingull	Festuca richardsonii	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
blávingull	Festuca vivipara	4			3	3		8	3	2	10	3	6	9	4	2
hvítmaðra	Galium normanii	2														1
dýragras	Gentiana nivalis								1						3	
maríuvendlingur	Gentiana tenella			1					1							
hrossanál	Juncus arcticus															
flagasef	Juncus biglumis															
móasef	Juncus trifidus	8	2	1	4	4	5	2	3	2	2	3	9	9	6	
blómsef	Juncus triglumis															
þursaskegg	Kobresia myosuroides	10	8	2	7	7	7	9	10	9	6	3	8	10	9	9
naflagras	Koenigia islandica															
sauðamergur	Loiseleuria procumbens															
axhæra	Luzula spicata	3	8	2	6	8	6	8	9	7	8	7	4	3	5	4
fjallanóra	Minuartia biflora														1	
melanóra	Minuartia rubella															
móanóra	Minuartia stricta	2			2	1	1		1					1	1	
lyfjagras	Pinguicula vulgaris		1	1	1	3	2	2	1		1	2			7	3
fjallasveifgras	Poa alpina	2	4	2	1	1		1	1	2				3	1	
blásveifgras	Poa glauca	2	1	3	4	3	4	1	2	1	1	1	1	1	1	2
vallarsveifgras	Poa pratensis	1	8	7	3	7	4		6	2	1	7	1	1	3	1
túnsúra	Rumex acetosa	2					1									
snækrækill	Sagina nivalis			1												
hnúskakrækill	Sagina nodosa															
grávíðir	Salix callicarpaea		4	1	2	2	1				2	2	1	3	4	2
grasvíðir	Salix herbacea	3	3	1	9	3	4	5	2	3	7	4	2	10	5	5
þúfu Steinbrjótur	Saxifraga caespitosa			1												
gullbrá	Saxifraga hirculus										1					
flagahnoðri	Sedum villosum															
mosajafni	Selaginella selaginoides	3			1	1	3	3	4	4				6	5	4
lambagras	Silene acaulis	4	5		4	4	4	8	9	9	7	6	7	8	8	5
holurt	Silene uniflora															
brjóstagras	Thalictrum alpinum	10	8	4	10	10	9	10	9	10	10	10	10	10	8	10
blóðberg	Thymus praecox															
sýkigras	Tofieldia pusilla	3	1					1	1					4	4	
lógresi	Trisetum spicatum	3	1		2	2	1	3		3	1	1	2	3	3	6
bláberjalyng	Vaccinium uliginosum	6	1	1	1	2	2				7	6	8	3	4	4
ljósberi	Viscaria alpina							1	1			1	1		1	
móasigð	Sanionia uncinata	8	9	2	8	8	7	7	3	5	10	9	9	9	9	4
melagambri	Racomitrium ericoides	5	8	1	8	6	10	7	7	10	10	6	9	8	5	8
hraungambri	Racomitrium lanuginosum	4	8	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9
mundagrös	Cetraria delisei	2	1		1	2	1		3	1	7	6	6	7	8	6
fjallagrös	Cetraria islandica	9	5	1	10	10	8	10	9	10	4	5	6	8	7	8
maríufrös	Cetraria nivalis						1									
hreindýrakrókar	Cladina arbuscula	10	2		5	5	7			1	2	1		4	2	7
breiskjur	Sterocaulon spp.	7	6	1	4	4	6	4	5	5	2	1	1	3	4	4

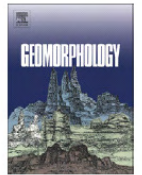
SNID 6 - tegund	latneskt heiti	A6-1	B6-1	C6-1	A6-2	B6-2	C6-2	A6-3	B6-3	C6-3	A6-4	B6-4	C6-4	A6-5	B6-5	C6-5	A6-6	B6-6	C6-6
skriðlíngresi	Agrostis stolonifera	3			2												2		
týtu língresi	Agrostis vinealis	6	10	10	5	7	9	2	3	4	8	8	10	10	10	9	9	10	10
skeggsandi	Arenaria norvegica	1	6	1	2	1	3	3	2		1	3	1	2	3	2			2
geldingahnappur	Armeria maritima	6	8	4	1	1	4	4	2	3	4	5	4	5	6	5	1	1	2
smjörgras	Bartsia alpina		1																
fjalldrapi	Betula nana																		
komsúra	Bistorta vivipara													1	3		2	5	3
tungljurt	Botrychium lunaria																		
hálmgresi	Calamagrostis neglecta																		
melablóm	Cardaminopsis petraea	8	2		10	5	6	8	5	10	10	8	7	8	8	5	8	7	6
stinnastör	Carex bigelowii																		
hárléggjastör	Carex capillaris																		
hnappstör	Carex capitata																		
blátoppastör	Carex curta																		
rjúpastör	Carex lachenalii																		
bjúgstör	Carex maritima																		
mýrastör	Carex nigra																		
fjallastör	Carex norvegica																		
móastör	Carex rupestris																		
slíðrastör	Carex vaginata																		
mosalyng	Cassiope hypnoides																		
músareyra	Cerastium alpinum	5	4		2	5	3	4	1	1	1	2		5	5	2	6	6	3
fjallapunktur	Deschampsia alpina			1															
snarrótarpunktur	Deschampsia caespitosa																		
grávorblóm	Draba incana																		
héluvorblóm	Draba nivalis																		
vorblóm	Draba spp.													2					
holtasóley	Dryas octopetala																		
krækilyng	Empetrum nigrum																		
klóelfting	Equisetum arvense																		
beitieski	Equisetum variegatum																		
klóffia	Eriophorum angustifolium																		
hrafnaffa	Eriophorum scheuchzeri																		
augnfró	Euphrasia frigida																		
túnvingull	Festuca richardsonii	10	8	2	10	9	9	8	8	9	10	10	9	10	9	9	10	8	9
blávingull	Festuca vivipara		1														1	3	1
hvítmaðra	Galium normanii	6	1		8	2	5	3	3	9	8	5	4	9	9	6	10	9	9
dýragras	Gentiana nivalis																		
mariuvendlingur	Gentiana tenella																		
hrossanál	Juncus arcticus																		
flagasef	Juncus biglumis																		
móasef	Juncus trifidus													2	1	1	2	4	4
blómsef	Juncus triglumis																		
þursaskegg	Kobresia myosuroides													2	2	4	3	4	4
naflagras	Koenigia islandica																		
sauðamergur	Loiseleuria procumbens																		
axhæra	Luzula spicata	9	1		6	9	9	5	3	3	10	9	8	10	9	4	9	7	8
fjallanóra	Minuartia biflora																		
melanóra	Minuartia rubella	2	2		2		5	6	1		2	1	4	2	5	4		6	2
móanóra	Minuartia stricta	3																	
lyfjagras	Pinguicula vulgaris		1																
fjallasveifgras	Poa alpina		1				1							2					
blásveifgras	Poa glauca	2	5	4	2		3	1	1	1	2	4		2	4	2	4	5	3
vallarsveifgras	Poa pratensis																		
túnsúra	Rumex acetosa	7	2		8	9	7	4	8	5	6	10	6	9	8	8	9	6	8
snækrækill	Sagina nivalis			1															
hnúskakrækill	Sagina nodosa	3	10	1			1								4	5	5	8	2
grávíðir	Salix callicarpaea	3	1	1			1	1		1				1	1	1	4	3	4
grasvíðir	Salix herbacea	1																	
þúfusteinbrjótur	Saxifraga caespitosa	1	1				4	1	1		2	2		1	4	1	2	5	
gullbrá	Saxifraga hirculus																		
flagahnóðri	Sedum villosum		6	9		2	1									8			1
mosajafni	Selaginella selaginoides																		
lambagras	Silene acaulis	8	3		7	7	6	5	7	5	7	7	3	5	9	5	5	7	8
holurt	Silene uniflora	4		2		3	3	1	3	1	2	1	1						
brjóstagras	Thalictrum alpinum																	1	1
blóðberg	Thymus praecox	10			6	8	9	8	8	8	8	6	8	5	7	9	9	9	10
sýkiðgras	Tofieldia pusilla																		
lógresi	Trisetum spicatum													1		1			1
bláberjalýng	Vaccinium uliginosum																		
ljósberi	Viscaria alpina	7	1		2	3					3	3		6	7		6	6	
móasið	Sanionia uncinata																		
melagambri	Racomitrium ericoides	2	6											1			9	7	9
hraungambri	Racomitrium lanuginosum																8	7	8
mundagrös	Cetrania delisei	6	4		8	8	9	5	7	8	10	9	9	10	10	10	10	10	10
fjallagrös	Cetrania islandica																		
marfugrös	Cetrania nivalis																		
hreindýrkrókar	Cladina arbuscula																		
breiskjur	Sterocaulon spp.						1							2			5	2	5

4. Viðauki. Titilsíður ritrýndra greina úr verkefninu

Geomorphology 114 (2010) 542–555

Contents lists available at [ScienceDirect](http://www.sciencedirect.com)

Geomorphology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/geomorph

Shoreline erosion and aeolian deposition along a recently formed hydro-electric reservoir, Blöndulón, Iceland

O.K. Vilmundardóttir ^{a,b,*}, B. Magnússon ^a, G. Gísladóttir ^{b,c}, Th. Thorsteinsson ^c^a The Icelandic Institute of Natural History, Reykjavík, Iceland^b The Department of Geography and Tourism, Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Iceland, Reykjavík, Iceland^c Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Reykjavík, Iceland

ARTICLE INFO

Article history:

Received 8 December 2008

Received in revised form 19 August 2009

Accepted 22 August 2009

Available online 31 August 2009

Keywords:

Aeolian deposit
Bluff erosion rate
Shore morphology
Wave power
Fetch length
Hydro-electric reservoir
Iceland

ABSTRACT

Erosion and deposition processes have been active along the shores of the Blöndulón hydro-electric reservoir in the Icelandic highlands since its formation nearly two decades ago. In this study, bluff development and distribution of aeolian material along the shores of the reservoir is related to erosive forces and source materials. The 57 km² reservoir was formed in the glacial river Blanda in 1991 and enlarged in 1996. Bluff erosion and aeolian deposition has been monitored since 1997. Field observations, meteorological data, GIS analyses and calculations of wave power were used to measure and describe erosive processes along the new shoreline. Wave-induced bluff erosion was most rapid during the first years after impoundment and was most active at sites with glacial till substrate, high cumulative wave power, and long fetches along the dominant wind direction. In recent years, relatively high erosion rates have continued at bluffs of fluvioglacial material under low cumulative wave power. The fluvioglacial material has low resistance to wave activity, creating unstable bluffs, whereas bluffs made of glacial till are more stable. Aeolian sandy sediment, mainly volcanic tephra eroded from soils, has been deposited at sites open towards dry strong winds during low water levels in inlets of low wave energy. Slope and aspect against wind direction restricted the sediment distribution to 212 000 m² (21 ha) of the heathland along the reservoir. By 2008 a volume of ~11 000 m³ had accumulated. The continued redistribution of aeolian sediments and processes of bluff erosion were controlled by the water level fluctuations in the reservoir.

© 2009 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

Man-made lakes are used for different purposes, such as hydro-electric generation, irrigation, and water storage. These usages may involve lake level fluctuations, which impact the shoreline transition zone between land and water (Nilsson and Keddy, 1988; Rørslett, 1988; Nilsson and Berggren, 2000). Any significant change in lake level, in terms of extent or duration, will affect the lake's physical processes and biological features of the shoreline (James et al., 2002). Hydropower reservoirs have been classified into three categories using hydro-electric productivity and water level stability (Rørslett, 1988): 1) storage reservoirs, 2) short-time regulated lakes, and 3) semi-natural lakes. Lake-reservoirs formed by glacial rivers, as are the majority of Icelandic reservoirs, are highly impacted by the annual river fluctuation. The construction of such reservoirs requires great reservoir mediation capacity (Adalsteinsson, 1986) and thus should be classified as storage reservoirs.

Direct impacts of reservoir formation are related to geomorphologic processes that become active: erosion, sediment transport, and deposition. These processes are mostly wind-induced by the generation of waves with subsequent shore erosion and aeolian activity and sediment deposition. Wave action and wave-induced currents work on lakeshores in much the same way as on oceanic beaches, although being of lesser magnitude (James et al., 2002). Vogt (1978) divided the erosion–deposition period into three phases: origin, erosion, and equilibrium. The development from erosion phase to equilibrium between land and water level requires decades, depending on local conditions.

One of the most visible processes that follows the formation of new lakes is bluff erosion. There are several processes which cause erosion, itself a function of degrading and resisting forces, the main factors generally being wave energy, longshore drift and offshore transport of eroded sediment, and slope rheology (Amin and Davidson-Arnott, 1995; Johnson and Johnston, 1995; Amin and Davidson-Arnott, 1997). Wind-generated waves are controlled by wind velocity, fetch length and duration of windy periods. Due to the small size of reservoirs compared to oceans, waves in lakes are usually limited by fetch rather than by the duration of windy periods (Kirk et al., 2000). Saint-Laurent et al. (2001) found that wave action was

* Corresponding author. The Icelandic Institute of Natural History, Reykjavík, Iceland. Tel.: +354 590 0500; fax: +354 590 595.

E-mail address: olga@ni.is (O.K. Vilmundardóttir).

Olga Kolbrún Vilmundardóttir, Borgþór Magnússon,
Guðrún Gísladóttir og Sigurður H. Magnússon

ÁHRIF SANDFOKS Á MÓLENDISGRÓÐUR VIÐ BLÖNDULÓN

Þekkt er að mikið áfok getur haft neikvæð áhrif á plöntur og orsakað gróður- og jarðvegseyðingu. Eftir stækkun Blöndulóns árið 1996 hafa litlir áfoksgeirar myndast þar sem sandur berst með þurrum vindum upp frá lónstæði og inn á gróið land. Þeir stærstu mynduðust árin 2000 og 2005 þegar vatnsborð lónsins var lágt. Markmið rannsóknarinnar var að kanna áhrif sandþykktar á gróðurþekju og tegundasamsetningu í áfoksgeira sem myndast árið 2000 í vík við norðanvert Blöndulón. Gróður og þykkt foksands var mæld í reitum á fjórum sniðum upp frá vikinni árin 2003 og 2007. Áburði var dreift árlega á tvö sniðanna frá 2004. Sandþykkt var mest næst lóni en minnkaði er fjær dró fjöruborði. Þykkur sandur safnaðist í lægðir og fjalldrapabrúska. Sandþykkt jókst í reitum milli mæliára vegna endurtekens áfoks. Megingróðurbreytileika milli reita mátti rekja til áhrifa sandþykktar en einnig til áburðar. Tegundum fækkaði og gróðurþekja minnkaði með aukinni sandþykkt. Lágplöntur hurfu úr þekju við 2,5–5,0 cm þykkun foksand, flestar blómjurtir, smárunnar og hálfgrös hurfu úr þekju við 5–10 cm sandþykkt en runnar og grös stóðust svo þykkun sand eða juku þekju sína. Afar fáar tegundir höldu 10 cm þykkun sand. Þölmörk mólendisgróðurs á svæðinu eru nærri þeirri sandþykkt. Í ábörnum reitum jókst gróðurþekja óháð sandþykkt og tegundum fjölgaði lítillega. Grös urðu ríkjandi í þekju, einkum túnvingull. Áburðardreifing styrkir gróðurþekju og getur nýst sem mótvægisáðgerð gegn gróðureyðingu í áfoksgeirum við lónið.

INNGANGUR

Miðlunarlón hafa í för með sér margvíslegar umhverfisbreytingar. Mestar verða þær þar sem land fer undir vatn en jafnframt skapast nýjar aðstæður ofan vatnsborðs þar sem virk landmótun fer af stað. Öldur rjúfa úr bökkum og flytja set meðfram ströndum og ofan í dýpri hluta lóna. Þar sem set berst inn á lygn svæði og grynningar getur það myndað uppsprettu fokafna.^{1,2}

Sandfok upp frá ströndum er víða þekkt við vötn og höf. Þar sem hvassir vindar blása inn á land geta myndast öldur úr lausum sandi.^{3,4} Í sandöldum þrífst vistkerfi sem

er sérstaklega aðlagð endurteknu áfoki. Fjölmargar rannsóknir hafa verið gerðar á vistfræði þeirra, einkum á frumframvindu plantna.^{5,6,7} Á Íslandi er melgresi (*Leymus arenarius*) sú tegund sem einna best er aðlöguð sandfoki og þrífst bæði á söndum við sjó og inn til landsins.⁵

Vindrof á sér stað þar sem laus jarðefni berast frá einum stað til annars með vindi. Færsla korna verður með þrennum hætti sem tengist stærð þeirra, svifhreyfingu, stökkhreyfingu og skriði.⁸ Stökkhreyfing korna er áhrifamesta rofafið en í slíkum tilfellum geta myndast áfoksgeirar sem skriða inn í gróðurlendi, sverfa plöntur og

kaffæra og af getur hlotist keðjuverkandi ferli.^{9,10} Landslag getur stöðvað áfoksgeira en bæði halli og hrjúft yfirborð hindrar framrás fokafnis.¹¹ Jafnframt geta ár og vötn stöðvað framrás áfoksgeira.

Áhrif áfoks á gróður

Áfok veldur breytingum á vaxtar-skilyrðum plantna og er um margt skaðlegt gróðri. Þegar áfok er meira en svo að plöntur vaxi upp úr fokafninu kafa þær auðveldlega.¹² Í kjölfarið breytist bæði gróðurþekja og tegundasamsetning.⁶ Svörfun vindborinna korna skaðar ofanjarðarhluta plantna¹² en gjóskukorn, sem hafa hrjúft yfirborð, eru sérlega skaðleg.^{13,14} Í áfoksgeira vantar finni efni sem halda vatni og næringarefnum og í þeim verða miklar hita- og rakasveiflur.^{6,15} Verði áfok svo mikið að gróður eyðist getur það leitt til umfangsmikillar jarðvegseyðingar með gríðarlegum flutningi á jarðvegi.^{16,17}

Tegundir eru misvel aðlagðar áfoki, sumar þola ekkert áfok, aðrar talsvert og svo eru tegundir sem eru beinlínis háðar áfoki.⁹ Þölmörk tegunda eru háð stærð þeirra, vaxtarformi, þroska- og vaxtarstigi þegar áfok á sér stað. Einnig hefur tíðni áfoks og orkuforði plantna áhrif. Almenn gildir að því þykkari sem foksandurinn er, þeim mun lengur er gróður að ná sér á strik á ný. Áfok veldur því að samkeppni milli plantna minnkar þar sem aukin sandþykkt útrýmir með tímanum