

Staða rannsókna á setlögum í fyrrum Háslóni

**Helgi Torfason, Lovísa Ásbjörnsdóttir og
Halldór G. Pétursson**

Unnið fyrir Landsvirkjun LV -2005/062

NÍ-05006

Reykjavík, maí 2005



NÁTTÚRUFRÆÐISTOFNUN ÍSLANDS

		Reykjavík <input checked="" type="checkbox"/> Akureyri <input type="checkbox"/>
Skýrsla nr. NÍ-05006	Dags, Mán, Ár Maí 2005	Dreifing X Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill Staða rannsókna á setlögum í fyrrum Háslóni		Upplag 30 Fjöldi síðna 24
Höfundar Helgi Torfason, Lovísa Ásbjörnsdóttir og Halldór G. Pétursson		Verknúmer R0411003
Unnið fyrir Landsvirkjun / LV -2005/062		
Samvinnuaðilar Landsvirkjun		
Útdráttur Í úrskurði umhverfisráðherra vegna mats á umhverfisáhrifum Kárahnjúkavirkjunar segir: <i>„Áður en fyllt verður í Háslón skal framkvæmdaraðili í samráði við Náttúrufræðistofnun Íslands ljúka rannsóknum á þeim setlögum sem mynduðust í fornu jökullóni sunnan Kárahnjúka. Framkvæmdaraðili skal jafnframt láta rannsaka og kortleggja öskulög í jarðvegi sem hverfa munu í Háslón beggja vegna Jökulsár sunnan Kárahnjúka og á Fljótsdalsheiði. Niðurstöður rannsókna skulu birtar innan tveggja ára frá því að vatni er hleypt í Háslón.“</i> Skýrslan fjallar um stöðu rannsókna á svæðinu við Kárahnjúka og Eyjabakka fram til ársins 2005 og hvernig haga skuli rannsóknum til að uppfylla skilyrði þau sem sett eru fram í úrskurði umhverfisráðherra.		
Lykilorð Jarðfræði, Háslón, setlög		Yfirfarið Hreggviður Norðdahl, Sigmundur Einarsson, ÁI.

EFNISYFIRLIT

1 INNGANGUR	7
2 FYRRI RANNSÓKNIR OG FYRIRLIGGJANDI GÖGN	7
2.1 Ritaðar heimildir fyrir 1930	9
2.2 Rannsóknir 1930–1970	9
2.3 Rannsóknir 1970–1990	9
2.4 Rannsóknir 1990–2000	10
2.5 Rannsóknir 2000–2004	11
2.6 Yfirstandandi rannsóknir	12
3 TILLÖGUR UM FREKARI RANNSÓKNIR Á SVÆÐINU	12
3.1 Jökulberg og jökulruðningur	13
3.2 Jökullónset, neðri hluti setfyllunnar	13
3.3 Jökulárset og jarðvegur, efri hluti setfyllunnar og tengsl við jökul	15
3.4 Rof og rofsaga	16
3.5 Aðrar rannsóknir	18
3.5.1 Berggrunnur	18
3.5.2 Sífreri	19
4 VERKÁÆTLUN – SAMANTEKT	20
5 HEIMILDIR	21

MYNDASKRÁ

1. mynd. Kort yfir rannsóknasvæðið með staðsetningu sniða	8
2. mynd. Lagskipt lónaset við Lindur	14
3. mynd. Malarlög úr jökulám liggja ofaná lagskiptu seti lónfyllunnar	15
4. mynd. Lónset og rofhjallar sunnan Kárahnúka	17
5. mynd. Dyngjuhraun undir móbergi í farvegi Jöklu	18
6. mynd. Þiðnuð rúst á svæði sem var sífrerasvæði	19
7. mynd. Tímaáætlun fyrir rannsóknir á setlögum við Háslón	20

1 INNGANGUR

Í úrskurði umhverfisráðherra vegna mats á umhverfisáhrifum Kárahnjúkavirkjunar segir: „*Áður en fyllt verður í Háslón skal framkvæmdaraðili í samráði við Náttúrufræðistofnun Íslands ljúka rannsóknum á þeim setlögum sem mynduðust í fornu jökullóni sunnan Kárahnjúka. Framkvæmdaraðili skal jafnframt láta rannsaka og kortleggja öskulög í jarðvegi sem hverfa munu í Háslón beggja vegna Jökulsár sunnan Kárahnjúka og á Fljótsdalsheiði. Niðurstöður rannsókna skulu birtar innan tveggja ára frá því að vatni er hleypt í Háslón.*“

Enn fremur segir í úrskurðinum: „*Framkvæmdaraðili skal í samráði við Náttúrufræðistofnun Íslands sjá til þess að jarðhitasvæðið við Sauðárfoss ásamt hrúðurbreiðunum verði rannsakað. Niðurstöður rannsókna skulu birtar innan tveggja ára frá því að vatni er hleypt í Háslón.*“

Landsvirkjun hefur falið Náttúrufræðistofnun Íslands að meta stöðu jarðfræðirannsókna sem snerta úrskurð umhverfisráðherra og að vinna á grundvelli þess mats rannsóknaáætlun sem fullnægi þeim skilyrðum sem þar eru sett fram. Náttúrufræðistofnun mun varðveita öll gögn um rannsóknirnar og sýni sem tekin verða vegna þeirra. Aðgengi verður opið að öllum gögnum eftir að skýrslum hefur verið skilað. Ef sérstaklega er óskað verða tiltekin gögn ekki opnuð almenningi fyrr en einu ári eftir að skýrslum er skilað, ef verið er að skrifa vísindagreinar um afmarkaða þætti rannsókna. Lagt er til að rannsóknir á svæðinu verði unnar árin 2005 og 2006. Lagt er til að áfangaskýrslu verði skilað í árslok 2005 svo unnt sé að meta stöðu verksins og framhald rannsókna. Miðað er við að lokaskýrslu verði skilað árið 2007.

Samkvæmt úrskurði umhverfisráðherra eru setlög og jarðhiti, sem fara undir vatn er Háslón verður fyllt, þeir þættir sem Landsvirkjun skal einkum láta rannsaka. Landsvirkjun hefur þegar samið við ÍSOR um rannsókn á jarðhita á svæðinu og er hér því einungis fjallað um rannsóknir á sethjöllum og á öskulögum.

Náttúrufræðistofnun Íslands leggur auk þess til að lokið verði rannsókn á berglagastafla sem fer undir vatn, sýni tekin til aldurs- og efnagreininga og til varðveislu vegna mögulegra rannsókna í framtíðinni.

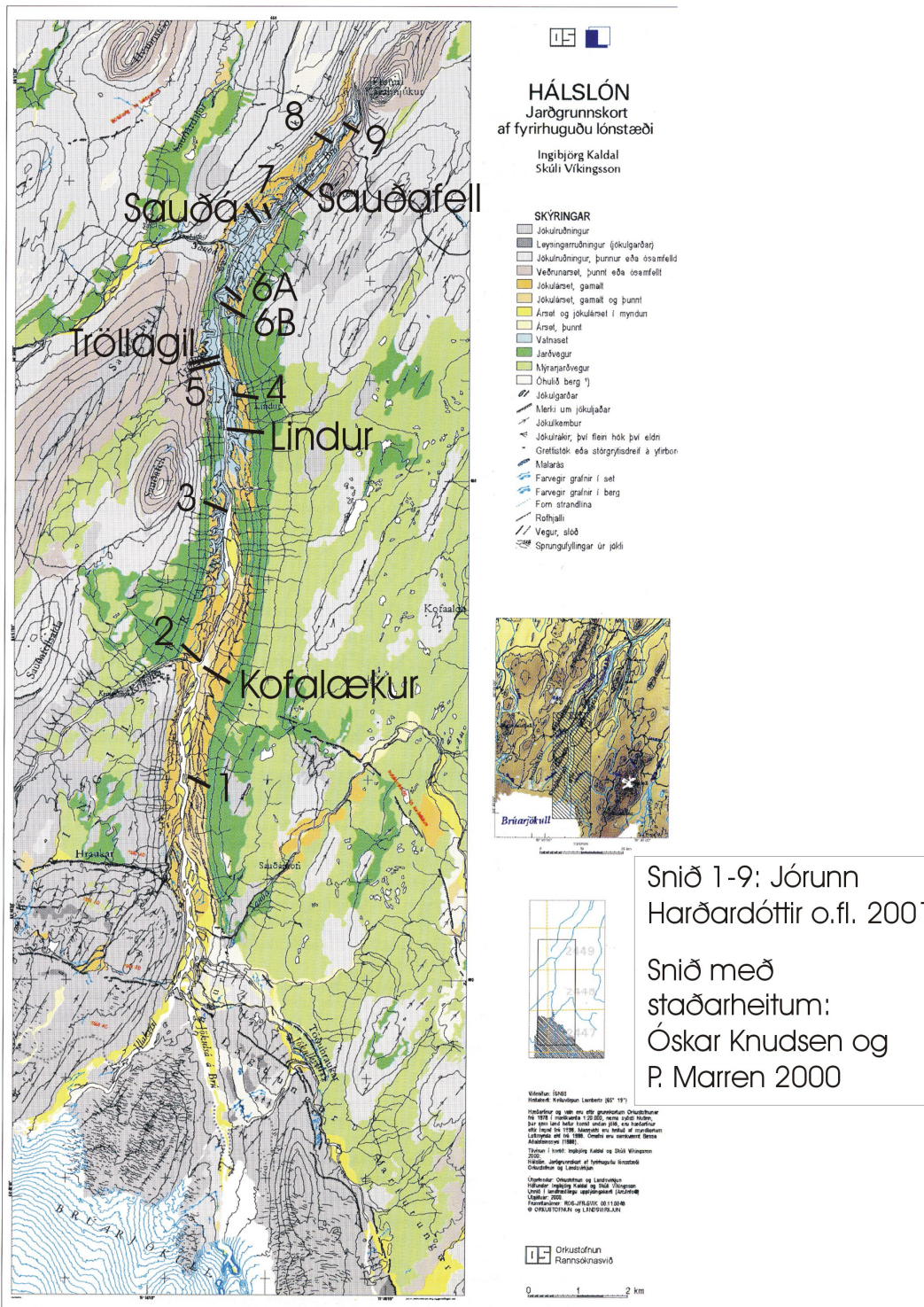
2 FYRRI RANNSÓKNIR OG FYRIRLIGGJANDI GÖGN

Þykkt setfyllunnar sunnan Kárahnjúka er 45–85 m og er lengd hennar er um 16 km. Auk setfyllunnar þarf einnig að rannsaka jökulgarða og ruðninga sem verða meira áberandi er nær dregur jökli, en aldur jarðmyndana þarf að tímasetja með rannsóknum á öskulögum. Setfyllan er ekki samfellt snið setlaga heldur er hún slitrótt og erfitt að sjá heildarmynd jarðlaganna.

Nokkrar skýrslur liggja fyrir um rannsóknir á sethjöllunum. Skýrslurnar gefa ágætt yfirlit yfir setlögin á svæðinu en snið sem birt eru í þeim eru mjög einfölduð og er þörf á nákvæmari sniðum og sýnum svo unnt sé að nýta þær upplýsingar ásamt ljósmyndum til rannsókna síðar meir.

Rannsóknir á svæðinu í kringum væntanlegt Háslón og við Brúarjökul beindust í fyrstu að jaðri Vatnajökuls, sögu landmótunar og hops og landformum sem jöklarnir skildu eftir. Upp úr 1970 var farið að kanna möguleika á veitu- og lónstæðum vegna fyrirhugaðra virkjunar-

framkvæmda og jukust þá rannsóknir á væntanlegum virkjunarsvæðum og nágrenni þeirra. Rannsóknir eru raktar í tímaröð hér á eftir og þeirra getið sem einkum eru taldar eru skipta máli vegna rannsókna á Háslónssvæðinu.



1. mynd. Kort yfir rannsóknasvæðið úr skýrslu Ingibjargar Kaldal og Skúla Víkingssonar (2000). Setlög fyrra Háslóns eru gulbrún og blá að lit á kortinu. Staðsetningar sniða frá rannsóknum Óskars Knudsen og P. Marren (2000) og Jórunnar Harðardóttur o. fl. (2001a) eru sýndar á kortinu.

2.1 Ritaðar heimildir fyrir 1930

Umfjöllun og frásagnir af jarðfræði svæðisins sem hér um ræðir tengdust fram til 1930 aðallega framhlaupum Brúarjökuls fyrr á öldum. Í Ferðabók Eggert Ólafssonar og Bjarna Pálssonar frá 1772 er fjallað um ókyrrleika og hlaup í Jökulsá á Brú árið 1625. Sveinn Pálsson (1945) skrifaði niður lýsingar Péturs Brynjólfssonar sem kom að Brúarjökli 1794 og gerði samanburð um stöðu jökulsins eins og hún var 60 árum áður, eða í kringum 1730. Þorvarður Kjerúlf (1962) læknir lýsir athugunum sínum við Brúarjökul árið 1890, sem var þá að hlaupa fram. Af frásögn Þorvarðar má greina lýsingar af jökulgörðum sem mynduðust við jökulframhlaupið 1810 og sem framhlaupið frá 1890 eyddi síðar. Þorvaldur Thoroddsen (1914) kemur að Brúarjökli 1894 og lýsir breytingum í jökulám, jökuljaðri og setmyndunum en styðst að öðru leyti við frásagnir Þorvarðar Kjerúlfs. Þessar frásagnir urðu til þess að framhlaupssaga Brúarjökuls er nokkuð vel þekkt árin 1625, 1720–30, 1810 og 1890. Hins vegar sjást nú lítil ummerki eftir elstu hlaupin þar sem yngri framhlaup, aðallega frá árinu 1890, máðu þau burt.

2.2 Rannsóknir 1930–1970

Á árunum 1930–1970 var ekki mikið um rannsóknir á því svæði sem hér um ræðir, enda var það mjög afskekkt. Paul Woldstedt (1938) greinir frá rannsóknum á jökulmenjum framan við íslenska jökla og fjallar um jökulgarðinn framan við Brúarjökul frá 1890. Sigurður Þórarinsson birtir grein um framhlaup í austurhluta Brúarjökuls árið 1938. Emmy Mercedes Todtmann rannsakaði jökulmenjar framan við Brúarjökul, kortlagði þær og birti í greinum (1955, 1960). Todtmann varð fyrst til að átta sig á fornum jökulgarði sem myndaður var á framrásarstigi jökuls sem hún nefndi Þorláksmýrarstig og taldi tengjast kuldatímabili sem hófst fyrir um 2500 árum. Nokkrum árum síðar sýndi Sigurður Þórarinsson (1964) fram á út frá öskulagarannsóknum í jarðvegssniðum að Þorláksmýrargarðurinn er mun eldri og taldi hann myndaðan snemma á nútíma. Haustið 1963 tóku menn eftir breytingum í Jökulsá á Brú og nokkru seinna tók jaðar Brúarjökuls að hlaupa fram. Fylgst var með skriðhraða jökuljaðarsins og tæpu ári seinna reyndist jökullinn hafa skriðið fram um 8 km. Sigurður Þórarinsson (1964a, 1964b, 1969) lýsir í fræðiritum framgangi hlaupsins í Brúarjökuli árin 1963–64. Þá má geta dagbókarlýsinga Pálma Hannessonar frá Brúaröræfum árið 1933 en þær voru birtar að honum látnum árið 1958. Auk þess að lýsa jökklafari á svæðinu fjallar Pálmi nokkuð um setfylluna innan við Kárahnjúka og berggrunn.

Sigurður Þórarinsson 1938: Grein um hörfum Vatnajökuls.

Woldstedt, P. 1939: Rannsóknir á jöklum og hörfun þeirra.

Todtmann, E.M. 1955: Rannsóknir á jöklum og hörfun þeirra einkum í Kringilsárrana.

Todtmann, E.M. 1960: Rannsóknir á jöklum og hörfun þeirra.

Pálmi Hannesson 1958: Lýsingar á jöklum, setfyllu og berggrunni.

Sigurður Þórarinsson 1964a: Rannsóknir á jöklum og hörfun þeirra, einkum við Brúarjökul og Hálsajökul.

Sigurður Þórarinsson 1964b: Rannsóknir á jöklum og hörfun þeirra, einkum á framhlaupi 1930–1964.

Sigurður Þórarinsson 1969: Rannsóknir á jöklum og hörfun þeirra, einkum á framhlaupi Brúarjökuls.

2.3 Rannsóknir 1970–1990

Um og eftir 1969 komu fram hugmyndir um virkjun vatnsafls á svæðum norðan Vatnajökuls. Rannsóknir beindust m.a. að Fljótsdal með uppistöðulóni á Eyjabökkum og flutningi vatns frá Kreppu til austurs. Fleiri slíkar áætlanir voru gerðar sem ekki verða raktar hér. Síðar þróuðust þessar hugmyndir yfir í stærri virkjanaáætlanir sem fólu í sér að safna saman vatni af stærra svæði og tengdust áherslur í rannsóknum þessum hugmyndum um mjög stórar virkjanir á íslenskan mælikvarða. Á seinni hluta þessa tíma óx áhugi á Jökulsá á Brú og að

safna vatni austan af Hraunum í eina virkjun. Rannsóknir beindust áfram að jöklum og hopi þeirra, en í auknum mæli voru unnar rannsóknir á jarð- og berggrunni landsins með tilliti til byggingar raforkuvers og tilheyrandi veitum og skurðum. Síðar á tímabilinu var farið að líta til þess að jarðgöng væru raunhæfur kostur til að veita vatni langar leiðir.

- Bessi Aðalsteinsson 1974: Jarðfræðirannsóknir við Jökulsá á Dal.
Ágúst Guðmundsson og Bessi Aðalsteinsson 1978: Jarðfræðirannsóknir við Múla og í Fljótsdal.
Ingibjörg Kaldal 1978: Rannsóknir á jöklum og hörfun þeirra, einkum norðan Hofsjökuls.
Guðrún Larsen 1982: Öskulagarannsóknir á Jökuldal.
Jón Benjamínsson 1982: Öskulagarannsóknir á Norðausturlandi.
Sharp, M. 1985: Rannsóknir á lónsetum við Eyjabakkajökul.
Sharp, M. og Dugmore, A.J. 1985: Rannsóknir á jöklum og hörfun þeirra á Austurlandi.
Bessi Aðalsteinsson 1987: Jökulhörfun á Brúaröræfum.
Croot, D.G. 1987, 1988: Rannsóknir á jöklum og hörfun þeirra.
Hjörleifur Guttormsson 1987: Landlýsing um Norð-Austurland hálendi og eyðibyggðir.
Skúli Víkingsson 1989: Könnun lausra jarðlaga í Fljótsdal.
Helgi Torfason 1989: Jarðhitarannsóknir, kannaður hiti m.a. við Lindur og Sauðárfoss.

2.4 Rannsóknir 1990–2000

Framundir 1990 beindust rannsóknir í fyrstu að fyrirhugaðri virkjun Jökulsár í Fljótsdal. Vegna andstöðu við þá virkjun fluttist áherslan yfir á virkjun Jökulsár á Brú við Kárahnjúka með einni stórrri virkjun er tæki auk jökulsár vatn af mjög stóru svæði. Jarðfræðirannsóknir beindust á þessum tíma aðallega að berggrunni og lausum jarðlögum vegna mannvirkja-gerðar í tengslum við byggingu orkuvers í Fljótsdal en vegna veitna og stíflumannvirkja við Eyjabakka og síðar við Kárahnjúka.

- Jóhann Helgason 1990: Jarðfræðirannsóknir í Brúardölum.
Bessi Aðalsteinsson 1991: Jarðfræðirannsóknir við Jökulsá á Dal
Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 1991: Rannsóknir á ástandi jökla á síðjökultíma.
Skúli Víkingsson 1991: Jarðgrunnskortlagning í tengslum við Jökulsá á Dal.
Ágúst Guðmundsson 1992: Jarðfræðirannsóknir vegna jarðganga frá Jökulsá á Dal til Fljótsdals.
Bessi Aðalsteinsson og Helgi Torfason 1992: Jarðfræðirannsóknir vegna Jökulsár á Dal.
Ingibjörg Kaldal 1992: Jarðgrunnskortlagning í tengslum við Austurlandsvirkjun.
Skúli Víkingsson og Þórólfur H. Hafstað 1992a og b: Jarðgrunnskortlagning í tengslum við Austurlandsvirkjun.
Ingibjörg Kaldal 1993: Jarðgrunnskortlagning í tengslum við Austurlandsvirkjun.
Skúli Víkingsson og Þórólfur H. Hafstað 1993a og b: Jarðgrunnskortlagning í tengslum við Austurlandsvirkjun.
Ágúst Guðmundsson 1995: Jarðgrunnskortlagning við Jökulsá á Brú við Kárahnjúka.
Óskar Knudsen 1995: Rannsóknir á setmyndunum við Brúarjökul.
Ágúst Guðmundsson 1996: Jarðfræðirannsóknir við Hafrahvamma- og Dimmugljúfur.
Magnús Tumi Guðmundsson, Þórdís Högnadóttir og Helgi Björnsson 1996: Rannsóknir á framhlaupi Brúarjökuls 1963–1964 og áhrif þess á rennsli Jökulsár á Brú.
Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1996: Aurburðarmælingar 1963–1995
Árni Hjartarson og Þórólfur H. Hafstað 1997: Jarðfræðirannsóknir við Sviðinhornhraun.
Elsa G. Vilmundardóttir 1997: Jarðfræðirannsóknir á Fjallgördum.
Guðrún Larsen, Magnús T. Guðmundsson og Helgi Björnsson 1997: Rannsóknir á eldvirkni um miðbik Íslands út frá rannsóknum á ískjörnum
Árni Hjartarson og Elsa G. Vilmundardóttir 1998: Samræming jarðfræðikorta á Austurlandi, Vesturöræfi–Hraun.
Óskar Knudsen 1998: Rannsóknir á jöklum og hörfun þeirra, einkum Brúarjökull og Tungnaárjökull.
Ágúst Guðmundsson, Winkler, G. and Hallsteinsson, H. 1999: Jarðfræðirannsóknir í Fljótsdal og Jökuldal.
Jóhann Helgason 1999: Jarðfræðirannsóknir vegna Fljótsdalsvirkjunar. Sauðár- og Hraunaveitur.

2.5 Rannsóknir 2000–2004

Umfangsmiklar rannsóknir voru gerðar eftir að ákveðið var að stífla við Kárahnjúka og hlífa Eyjabökkum, einkum á svæðum umhverfis Jökulsá á Brú. Nokkrar rannsóknir voru gerðar vegna jarðlaga og gróðurs sem mun hverfa undir Háslón og samkvæmt úrskurði umhverfisráðherra voru tilteknar rannsóknir skilyrði fyrir virkjunarleyfi. Þá má geta þess að gosmyndanir við Kárahnjúka voru aldursgreindar og reyndist yngsta bergið þar vera um 200.000 ára gamalt (Jóhann Helgason o.fl. 2003).

Rannsóknir voru gerðar að frumkvæði Landsvirkjunar á setlögum í Háslóni og tengslum þeirra við hop og landmótun jökla. Í rannsóknaniðurstöðum Óskars Knudsen og Philips M. Marren (2000, 2002) er gerð grein fyrir sethjölum og birt fimm jarðlagasnið. Jórunn Harðardóttir o.fl. (2001a) birta níu jarðlagasnið. Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson (2000) lýsa næsta umhverfi sethjallanna, jarðgrunni og mögulegum tengslum fornra jökulgarða á svæðinu við hjallana. Þessar skýrslur ásamt nokkrum samantektargreinum um Kárahnjúka sem birtust í sérhefti tímaritsins Glettings gefa gott yfirlit yfir þekkingu og stöðu rannsókna á svæðinu (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2001b, Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 2001, Ingibjörg Kaldal o.fl. 2001a og b).

Setlögin og landformin sem tengjast hinu forna Háslóni eru af óþekktum aldri, en þó eldri en 4000 ára og yngri en 10.000 ára (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2001b). Setsyrpur og landform mynduð í jökullónum eru þekkt frá Fnjóskadal á Mið-Norðurlandi og frá Emstrum, norðvestan Mýrdalsjökuls (Hreggviður Norðdahl 1983, 1991; Elsa G. Vilmundardóttir og Ingibjörg Kaldal 2001; Ingibjörg Kaldal og Elsa G. Vilmundardóttir 2002). Þótt setlögin á öllum þessum stöðum séu svipuð þá eru jarðmyndanirnar ekki alveg sambærilegar því þær eru af mismunandi aldri. Setlögin í Fnjóskadal eru elst, eða frá síðjökultíma og eru mynduð a.m.k. frá því fyrir um 13.000–9.500 árum síðan (Hreggviður Norðdahl 1983, 1991). Á Emstrum er elsti hluti lónsets frá ísaldarlokum (fyrir um 10.000–9.500 árum síðan) og var það lón að fyllast þar til fyrir um 4000–6000 árum síðan (Elsa G. Vilmundardóttir og Ingibjörg Kaldal 2001; Ingibjörg Kaldal og Elsa G. Vilmundardóttir 2002). Setlög úr fyrrum Háslóni hafa sennilega byrjað að myndast í lok ísaldar fyrir um 10.000 árum en meginhluti lónsetsins hefur hlaðist fljótt upp, e.t.v. á 100–200 árum (Óskar Knudsen og Philip M. Marren 2000, 2002) en sú saga er fremur illa þekkt ennþá. Þannig kemur setsyrpa annars staðar í landinu ekki í stað syrpu sem ákveðið hefur verið að sökkva undir vatn í Háslóni, jafnvel þótt sambærileg landform finnist á báðum stöðum.

Kristinn Haukur Skarphéðinsson o.fl. 2000: Náttúrufræði á virkjanaslóðum á Austurlandi.

Sigmundur Einarsson o.fl. 2000: Mat á verndargildi náttúruminja á virkjunarsvæðum norðan jökla.

Skúli Víkingsson 2000: Rannsóknir á jökllandslagi á Austurlandi.

Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 2000: Jarðgrunnskortlagning í tengslum við Háslón.

Jórunn Harðardóttir o.fl. 2001 og 2001b: Kortlagning sethjalla í tengslum við Háslón.

Óskar Knudsen og Philip M. Marren 2000: Kortlagning sethjalla í tengslum við Háslón.

Óskar Knudsen og Philip M. Marren 2002: Kortlagning sethjalla í tengslum við Brúarjökul.

Ármann Höskuldsson 2003: Rannsóknir (skv. úrskurði umhverfisráðherra) á ætluðu flikrubergi í gljúfri Jöklu sunnan Kárahnjúka staðfestu að ekki er um flikrubergr að ræða heldur móberg.

Jóhann Helgason o.fl. 2003: Aldur bergmyndana við Kárahnjúka og síðustu eldgos þar, en aldur yngstu myndana er um 200.000 ár.

Ingibjörg Kaldal o.fl. 2001: Rannsóknir á framhlaupi Brúarjökuls á sögulegum tíma

Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 2001: Saga jökulhörfunar og Háslóns.

2.6 Yfirstandandi rannsóknir

Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, í samvinnu við erlenda aðila og Landsvirkjun, er að vinna að rannsóknum á framskriði Brúarjökuls og breytingum á vatni, farvegum og framburði í tengslum við það (Ólafur Ingólfsson, munnl. uppl.). Óvíst er hve mikið þær rannsóknir tengjast þeim rannsóknum sem þurfa að fara fram vegna úrskurðar umhverfisráðherra.

Einnig er verið að vinna að ýmsum rannsóknum á bergsprungum umhverfis stíflustæði við Kárahnúka og á jarðhita á vegum ÍSOR. Verið er að vinna að ýmsum öðrum rannsóknum á svæðinu en þær tengjast ekki setlögum við Háslón svo vitað sé. Niðurstöður þessara rannsókna birtast að öllum líkindum á þessu og næsta ári.

3 TILLÖGUR UM FREKARI RANNSÓKNIR Á SVÆÐINU

Ljúka þarf kortlagningu og rannsóknum á lagskiptum setlögum sem hafa myndast í jökullóni framan við hopandi jökul í lok ísaldar. Þessi setlög hafa síðan rofist niður samhliða myndun rofhjallanna. Ágæt mynd er komin af þessari sögu eins og að framan er getið. Þó er full ástæða til að kanna betur efsta hluta sethjallanna (þann hluta sem myndaðist síðast), rofsögu hjallana og tengsl þeirra við myndun Hafrahvammagljúfurs og framrás jökla sunnan við svæðið. Einnig er æskilegt að kanna frekar jarðvegslög (gerð og aldur) sem finnast í setlögum til að fá fram samfelldari sögu setmyndunar og rofs, en það mun geta gefið mikilvægar upplýsingar um loftslagbreytingar og sögu jökla á seinni hluta nútíma. Hvað snertir neðri og eldri hluta setlaganna í bökkunum þá gefa þau aðallega upplýsingar um hopunarsögu ísaldarjökulsins á svæðinu í byrjun nútíma og hvaða umhverfisaðstæður voru ríkjandi á þeim tíma. Þau gefa upplýsingar um stærð og mörk lónsins, magn jökulaurs sem barst í það og setmyndunarhraða, sem segir til um hversu hratt lónið náði að fyllast. Má segja að grein Óskars Knudsen og Phil M. Marren (2002) hafi að hluta til svarað spurningunni um hraða setmyndunar, en nákvæmur aldur lónsins er ekki þekktur. Aldur þess er talinn vera frá því snemma á nútíma, eða á milli svonefndra Búrfells- og Þorláksmýrarstiga í jöklahopun á þessum hluta miðhálandisins.

Til að uppfylla skilyrði umhverfisráðherra um frekari rannsóknir á sethjöllum sunnan Kárahnjúka þarf ítarlegri rannsóknir á eftirfarandi verkþáttum:

- 3.1 Jökulberg og jökulruðningur
- 3.2 Jökullónset, neðri hluti setfyllunnar
- 3.3 Jökulárset og jarðvegur, efri hluti setfyllunnar og tengsl við jökul
- 3.4 Rof og rofsaga
- 3.5 Öskulagarannsóknir
- 3.6 Aðrar rannsóknir: Berggrunnur og sífreri

Hér er lagt til að þessar rannsóknir nái yfir tvö ár. Ástæða þess er sú að um mikinn kostnað er að ræða og mikla gagnasöfnun. Reynslan sýnir að við nákvæmar jarðfræðirannsóknir vakna sífellt upp nýjar spurningar sem leita þarf svara við. Með því að hafa rannsóknafærlið lengra verður því unnt að svara fleiri spurningum og rannsóknir verða fyllri og vandaðri. Þá er lagt til að vinna við söfnun sýna fari fram seinna rannsóknarárið til þess að unnt sé að velja sýna-tökustaði af meira öryggi.

3.1 Jökulberg og jökulruðningur

Ofan á berglagastaflanum sitt hvorum megin við Jöklu er misþykkt jökulbergslag, eitt eða fleiri. Nánast ekkert er vitað um útbreiðslu þessarar einingar eða hvort unnt er að komast að aldri hennar. Jökulbergið liggur undir setfyllunni og er væntanlega myndað í lok síðasta jökulskeiðs, en í ljósi þess að Kárahnjúkamyndun hefur reynst a.m.k. 200 þús. ára gömul (Jóhann Helgason o.fl 2003) er rétt að kanna hvort eldri setlög leynast undir jökulberginu. Sjálfsagt er að vinna þessar rannsóknir jafnhliða rannsóknum á lónsetlögum í heild sinni.

Athuga þarf að víða er hættulegt að rannsaka jökulbergið þar sem það liggur á klettum ofan við Jökulsá. Á slíkum stöðum þarf að gæta sérstakrar varúðar og þar þurfa tveir menn að vinna að rannsóknum.

3.2 Jökullónset, neðri hluti setfyllunnar

Lónsetið samanstendur af þykkum lagskiptum setmyndunum úr fínsandi og silti sem sest hafa til úr gruggi í jökullóni framan við jökulbrún sem þarna lá í lok ísaldar, þ.e. innan við Fremri-Kárahnjúk. Setlögin mynduðust þegar jökuljaðar hopaði af svæðinu í tengslum við bráðnun ísaldarjökulsins í byrjun nútíma. Þetta er talið hafa gerst á tímabilinu milli svo-nefnds Búrfellsstigs og Þorláksmýrarstigs en aldur þeirra er ekki nákvæmar þekktur en að vera frá fyrri hluta nútíma, e.t.v. 9000–8000 ára BP. Undir þessum setlögum er á sumum stöðum jökulruðningur og jökulárset sem minnst er á hér á undan. Til norðurs er talið að lóninu hafi verið haldið uppi af bergþröskuldi við Kárahnjúka en vestan við þá féll jökulá úr lóninu.

Rannsóknir sýna að myndun lónsetsins hefur verið mjög hröð og benda mælingar til að það hafi jafnvel myndast á um 100 árum (Óskar Knudsen og Philip M. Marren 2000, 2002). Mæla þarf þykkt lónsetsins á mismunandi stöðum og jafnframt að ljósmynda þessar myndanir á völdum stöðum. Bæði þarf að taka nærmyndir og yfirlitsmyndir. Þá þarf að athuga vel ýmsa staði eins og þar sem jökulárset hefur borist með ám inn í lónið og áhrif þess á setlögin, t.d. frá Sauða vestri út í setlögin við Jöklu.

Nokkuð gott yfirlit yfir gerð lónsetsins er að finna í birtum skýrslum (kafla 2.5) svo og tengsl þess við jarðgrunninn í nágrenninu, þótt alltaf megi bæta við. Ekki er ljóst við hvaða vatnshæð lónsetið myndaðist og því þarf að rekja efstu strandlínu meðfram lónstæðinu, en við það er hægt að nota flugmyndir og nákvæm kort. Einnig þarf að rekja útfall lónsins fram með Fremri-Kárahnjúk til norðurs en þar eru greinilegir þurrir farvegir til hliðar við gljúfrið. Viðbótarrannsókir fela í sér gerð fleiri nákvæmra sniða þannig að heilleg mynd fái af setlögum, þ.e. að unnt sé að teikna þver- og langsnið gegnum sethjallana. Þá þarf að kanna hvort þekkt öskulög finnast í lónsetinu til aldursgreininga og taka samfelld sýni úr einkennandi sniðum. Í athugun á nokkrum setsýnum sem tekin voru í vettvangsferð 2004 kom í ljós að sum þeirra innihalda verulegt magn af þráðlaga kornum úr súrri ösku. Þessa ösku þarf að rannsaka með tilliti til efnasamsetningar og kanna hvort unnt sé að greina hvaðan askan er komin og hvort um sé að ræða þekkt eldgos. Til þess að vinna þennan hluta þarf setfræðing, sérfræðing í aldursgreiningum (öskulagafræðing) og e.t.v. sérfræðing í segulmælingum setlaga.

Mælt er með að a.m.k. þrjú samfelld setsýni verði tekin úr lykilsniðum í lónsetunum til varðveislu á Náttúrufræðistofnun til frekari rannsókna í framtíðinni. Einnig þarf að taka sérstaklega sýni til sérrannsókna s.s. öskulagarannsókna, rannsókna á kísilþörungum o.fl. Ef þekkt öskulög finnast í lónsetinu geta þau orðið mikilvæg tenging við öskulög sem koma

fram í nágrenninu og við öskulagatímatal landsins, auk tengsla við þekkta jarðsögulega atburði.

Kísilþörungur fundust í nokkrum sýnum sem tekin voru haustið 2004. Kanna þarf útbreiðslu þeirra í setlögnum, enda geta kísilþörungur gefið ýmsar upplýsingar um umhverfisaðstæður á tíma setmyndunar. Kísilþörungur eru smásæir og tengist rannsókn þeirra rannsóknnum á setlögnum.



2. mynd. Lagskipt lónaset við Lindur (ljósm. Helgi Torfason 2004).

Verkþættir:

1. Athuga þarf samsetningu, útbreiðslu og þykkt jökulruðnings á þeim stöðum þar sem jarðlagasnið verða tekin á svæðinu frá Hafrahvammagljúfri suður að jökli og víðar ef talið er þurfa. Kanna þarf hvort eldri setlög leynast undir jökulruðningnum.
2. Athuga þarf samsetningu, gerðir og þykktir setlaga og seteininga á þeim stöðum þar sem jarðlagasnið verða tekin á svæðinu frá Hafrahvammagljúfri suður að jökli, gera nákvæmari snið með h.y.s. Lagt er til að snið verði í mælikvarða 1:10 eða 1:20 eftir aðstæðum. Sniðum þarf að skila á þann hátt að þau nýtist við endurskoðun setlaganna og endurtúlkunar ef með þarf.
3. Gera þarf langsnið eftir setlögnum, frá Hafrahvammagljúfri og upp að jökli og þversnið þvert yfir setfylluna á fleiri en einum stað.
4. Taka þarf sýni til varðveislu í safni Náttúrufræðistofnunar Íslands af 2–4 völdum samfelldum sniðum (jafnvel fleiri, ef þess er talin þörf). Þetta þarf að ákveða fyrir sumarið 2006. Taka þarf nákvæmar ljósmyndir af sýnum og sýnatökustöðum og staðsetja nákvæmlega (1–2 m nákvæmni).
5. Taka þarf nákvæmar ljósmyndir af setlögnum í heild, yfirlitsmyndir og nærmyndir af sniðum o.fl sem nýtast við framtíðarrannsóknir á þeim.
6. Athuga þarf öskulög í setlögnum, sem gætu gefið upplýsingar um aldur og rofsögu.
7. Taka þarf sýni og greina kísilþörungur.

Gögn sem verða til:

1. Útbreiðslukort af jökulruðningi.
2. Nákvæm snið af völdum stöðum í setlög hins forna Háslóns. Gera þarf langsnið og þversnið af setlögnum og tengja þau saman.
3. Endurskoðað kort af setlögum, þar sem greind verður staðsetning mismunandi seteininga, staðsetningar sniða og sýna.

4. Setsýni í sýnasafn Náttúrufræðistofnunar Íslands með lýsingum og ljósmyndum. Æskilegt er að starfsmaður Náttúrufræðistofnunar hafi tækifæri til að skoða sýnatökustaði og taka þátt í vali og töku sýna.
5. Skýrsla um verkið þar sem rakinn er aldur, upphleðsla setlaganna og mótunarsaga þeirra. Niðurstöður rannsókna verði birtar í áfangaskýrslu eftir fyrra árið og lokaskýrslu eftir seinna árið, t.d. 2007.

3.3 Jökulárset og jarðvegur, efri hluti setfyllunnar og tengsl við jökul

Efsti og yngsti hluti setfyllunnar eru sand- og malarlög með jarðvegi inn á milli. Þessi hluti er talinn tengjast breytingu Jöklu í „meiri jökulá“ samfara því að nýmyndun jökla hefst á hálandinu og þeir taka að stækka. Samhliða þessu hefst rof setmyndunarinnar, hjallarnir mótast og Hafravammagljúfur verður til. Þetta þarf allt að kortleggja og mæla betur en gert hefur verið. Ekki hafa verið gerðar rannsóknir á frjóinnihaldi í jarðvegi sem hefur fundist innan efri hluta setlaganna. Sjálfsagt er að taka nokkur sýni til frjógreininga, en rannsóknir á frjókornum falla undir rannsóknir á setlögum almennt.

Góðir kortagrunnar og myndkort auðvelda þessa vinnu. Með því að skoða jarðveg ofan á hjöllunum má fá upplýsingar um aldur þessara atburða. Til þess að vinna þennan hluta þarf sérfræðing í landmótun, setlagafræðing, öskulagafræðing, sérfræðing í greiningu frjókorna og ef til vill einnig jarðvegsfræðing.



3. mynd. Skarpur rofflötur er milli malarlaga úr jökulám og fínkorna setlaga lónfyllunnar (ljósm. Helgi Torfason 2004).

Eftir að lónið tæmdist hefur tiltölulega rólegt vatnsfall runnið eftir dalnum og myndað áreyrar. Jarðvegur náði að myndast og í honum finnast öskulög sem hafa verið aldursgreind og sem gefa aldurinn 1800, 3800 og 4400 C¹⁴ ár (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2001a). Aldur öskulaga gefur mikilvægar upplýsingar um rof setlaganna. Ekki er getið um frostvirkni (sifrera) í jarðveginum á svæðinu þegar þessi lög voru að myndast. Þennan hluta þarf að kanna mun betur en gert hefur verið, m.a. útbreiðslu hans, öskulög og aldur. Ekki er víst að ástæða sé til að safna sýnum af malarlögum en sjálfsagt að taka snið og samfelld sýni af jarðvegslögum, sem eru þar inn á milli, til frjóransókna og til varðveislu á Náttúrufræðistofnun Íslands.

Rannsóknir á öskulögum þurfa að fara fram í náinni samvinnu við þá jarðfræðinga sem vinna að rannsóknum á setlögum og þá sem eru að rannsaka rofsögu svæðisins. Vel getur verið að til þess að fá betri heildarsögu og tengja saman einstök snið þurfi að rannsaka öskulög á stærra svæði umhverfis lónstæðið. Sennilega er æskilegt að öskulagafræðingur komi á

svæðið þegar mynd fer að koma á niðurstöður þannig að sú vinna sem fæst með því að rannsaka öskulögin og taka sýni til aldursgreininga nýtist sem best.

Mikil tengsl eru talin milli efri hluta setfyllunnar og núverandi jökla. Þess vegna er erfitt að skilja á milli rannsókna á malar- og jarðvegslögum og rannsókna á rofi þessara laga og síðan tengslum við núverandi og eldri jökla á svæðinu. Samvinna milli rannsóknahópa er því skilyrði þess að vel takist með rannsóknir á þessu svæði.

Verkþættir

1. Kortleggja þarf og lýsa efri hluta setfyllunnar, malarlögum og jarðvegi. Gerð sniða á völdum stöðum til að fylla upp í þá mynd sem þegar er komin af þessari einingu.
2. Kortleggja þarf forna farvegi í hinu forna Háslóni og myndun Hafrahvammagljúfurs.
3. Kanna þarf tengsl árframburðar, framrás og annarra breytinga á jöklum á síðari hluta nútíma.
4. Velja þarf og taka samfelld sýni úr nokkrum lykilsniðum í efri hluta setfyllunnar.
5. Velja þarf og taka öskulagasnið í samvinnu við sérfræðinga sem eru að rannsaka setlög og þá sem eru að rannsaka rofsögu svæðisins. Einnig mun þurfa að vinna í setlagasniðum ef öskulög finnast þar.
6. Taka þarf skipulega ljósmyndir í góðri upplausn af öllum hjöllunum, sýnatökustöðum og mældum sniðum, lýsa þeim og staðsetja nákvæmlega. Ljósmyndir þurfa að geta nýst við framtíðarrannsóknir á hjöllunum.
7. Samvinna þarf að vera með þeim sem sinna rannsóknum á setfyllunni, rofi landsins, öskulagafræðingi og öðrum sérfræðingum.

Gögn sem verða til:

1. Kort af efri hluta setfyllunnar og lýsingar á henni. Á kortinu komi fram fornir árfarvegir og tengsl við myndun Hafrahvammagljúfurs.
2. Greining og túlkun á sambandi malarlaga við hopun og framrás jökuls síðustu aldirnar og breytingum á eðli fallvatna.
3. Sýni af setlögum, jarðvegi og öskulögum verði í safni Náttúrufræðistofnunar Íslands
4. Öskulagasnið með tilvísun til þekktra öskulaga.
5. Ljósmyndir og teikningar af sniðum og sýnatökustöðum ásamt staðsetningum og skýringum.
6. Skýrsla um verkið þar sem rakinn er aldur, upphleðsla og mótunarsaga setlaga. Niðurstöður rannsókna verði birtar í áfangaskýrslu eftir fyrra árið og lokaskýrslu eftir seinna árið, t.d. 2007.

3.4 Rof og rofsaga

Rannsóknir á rofsögu svæðisins vantar að miklu leyti. Þar er átt við mælingar á hæð, halla og legu rofhjalla, tengingar við upphleðslu setlaganna og rof, myndun Hafrahvammagljúfurs, tæmingu jökullóns og tengsl við hreyfingar jökla á svæðinu. Til að unnt sé að vinna þessa vinnu þarf annað hvort að vera um sama rannsóknahóp að ræða og þann sem rannsakar setlagabunkann eða nána samvinnu milli þessara hópa. Rannsóknir á öskulögum og ¹⁴C-aldursgreiningar geta gefið mikilvægar upplýsingar um aldur einstakra rofhjalla og þar með rofsögu svæðisins.

Hefja þarf sérstaklega rannsóknir á ummerkjum nútímajökla við jökulröndina syðst á svæðinu. Eldri ummerki um jökulframrásir þarf að skoða í farvegi Jöklu sé þess kostur.

Einnig þarf að skoða áframburð í tengslum við framrásir jökla, en yngsti og innsti malarbunkinn í setfyllunni er tengdur þeim. Þessar rannsóknir myndu einkum beinast að svæðum innan við Kringilsá og Sauðárkofa. Framburður jökla er flöt malar- eða árkeila sem byggst hefur út yfir gamla lónsetið og jarðvegslög þar. Rannsóknir Jarðvísindastofnunar Háskólans á þessu svæði gætu gagnast verkefninu ef um það yrði samið. Kostnaður við rannsóknir á ummerkjum nútímajökla er fremur lítill og fellur undir rannsóknir á rofi svæðisins.



4. mynd. Lónaset, rofhjallar sunnan Kárahnúka, sem ber við himinn(ljósm. Helgi Torfason 2004).

Verkþættir

1. Mæla þarf hæðir rofhjalla, halla þeirra og legu. Einnig þarf, með aðstoð öskulagarannsókna og ^{14}C -aldursgreininga, að aldursgreina þá.
2. Tengja þarf saman sögu rofhjalla og stækkun jökla á síðjökul- og nútíma og kanna myndunarsögu Hafrahvammagljúfurs.
3. Gera má ráð fyrir að ^{14}C -aldursgreiningar muni þurfa af jarðvegi í tengslum við rannsóknir öskulaga og aldurs jarðmyndana.
4. Taka þarf nákvæmar ljósmyndir af hjöllum og tengslum þeirra við setlög og jökul. Ljósmyndir þurfa að geta nýst við framtíðarrannsóknir á hjöllum.
5. Vinna með setlagahópi og öskulagafræðingi að aldursgreiningum á rofhjöllum til að skilja sem best hvernig rof svæðisins hefur gengið fyrir sig og sand- og malarhjallar orðið til.
6. Rannsaka þarf ummerki við nútímajökla og skoða áframburð í tengslum við framrásir jökla.

Gögn sem verða til:

1. Kort og snið af rofhjöllum í 1:10.000 eða nákvæmara. Öll snið þarf að staðsetja nákvæmlega (1–2 m) og allar hæðir einnig (0,5 m).
2. Öllum mæligögnum verði skilað í skýrslu og á tölvutæku formi.

3. Ljósmyndir af sethjölum þar sem mælistaðir eru merktir inn auk yfirlitsmynda í góðri upplausn af rofhjölum og jarðmyndunum.
4. Skýrsla um verkið þar sem rakin er saga hjallanna, myndun Hafrahvammagljúfurs og rofsaga svæðisins.

Gert er ráð fyrir að það taki tvo eða þrjá menn tvær til þrjár vikur að ljúka útivinnu vegna þessara rannsókna og sex vikur að vinna úr þeim. Niðurstöðum verði skilað í drögum að skýrslu 2005 og lokaskýrslu 2006 eða í upphafi 2007.

3.5 Aðrar rannsóknir

3.5.1 Berggrunnur

Berglagastaflinn frá Hafrahvammagljúfri að jökli í suðri er gerður úr hallalítlum basalhraunlögum og móbergi. Kortlagning þessa jarðlagastafla liggur ekki fyrir nema í grófum dráttum. Um er að ræða fremur fá hraunlög, sennilega innan við 15 lög.

Lagt er til að fé verði veitt til að rannsaka betur þennan hluta berggrunnins áður en hann hverfur undir vatn. Þar er átt við að jarðfræðingar fari um þann hluta svæðisins sem fer undir vatn og safni sýnum til aldurs- og efnagreininga. Til er gróft jarðfræðikort af svæðinu en nákvæmar upplýsingar liggja ekki fyrir.



5. mynd. Dyngjuhraun undir móbergi í farvegi Jöklu (ljósm. Helgi Torfason 2004).

Verkþættir

1. Rannsaka þarf berggrunn á svæðinu frá Hafrahvammagljúfri suður að jökli og gera bergsegulmælingar.
2. Taka þarf bergsýni til varðveislu í safni Náttúrufræðistofnunar Íslands sem gætu nýst til efna- og aldursgreininga.
3. Mæla þarf halla berglagastaflans ef unnt er, en halli jarðlaga er lítill á svæðinu.
4. Gera þarf jarðlagasnið og taka ljósmyndir af völdum stöðum.

Gögn sem verða til:

1. Kort af berggrunni.
2. Bergsýni í sýnasafni Náttúrufræðistofnunar Íslands.
3. Skýrsla um verkið.



6. mynd. Þiðnuð rúst á svæði sem var sífrerasvæði fyrir fáeinum árum eða áratugum (ljósm. Helgi Torfason 2004).

3.5.2 Sífreri

Ástæða er að kanna og kortleggja ummerki sífrera í Kringilsárrana sem hverfur undir vatn eða verður sandblæstri að bráð. Um er að ræða könnun á litlu svæði. Slík rannsókn getur komið að miklu gangi síðar meir ef og þegar svæðin fara að blása upp. Í könnunarferð á svæðið haustið 2004 virtist sem rústir við Kringilsá séu þiðnaðar og því meiri hætta á uppblæstri þar sé það raunin.

Verkþættir

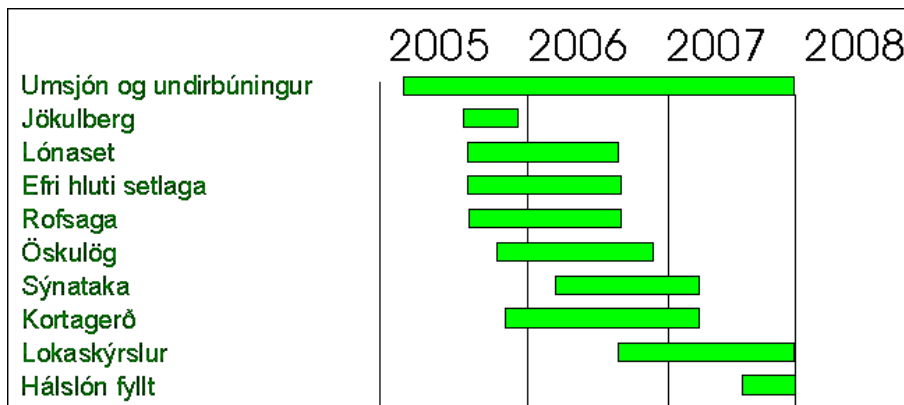
1. Rannsaka þarf sífrera á fyrirhuguðu lónstæði Háslóns, s.s. kanna hvort rústir séu þiðnaðar eða enn virkar.
2. Mæla þarf dýpi á ís, ef hann er til staðar, og kanna hvort öskulög skýri sögu og þróun rústanna.
3. Gera þarf jarðlagasnið og taka ljósmyndir af völdum stöðum.

Gögn sem verða til:

1. Kort með útbreiðslu sífrera.
2. Snið og ljósmyndir af rústum.
3. Skýrsla um verkið.

4 VERKÁÆTLUN – SAMANTEKT

- Rannsaka þarf setlög við Jökulsá, gera þarf fleiri snið og nákvæmari í setlagahjalla Háslóns og jökulárset, staðsetja sniðin vel í hæð og legu (staðsetningu sniða þarf að mæla með leiðréttri GPS-staðsetningu þannig að staðsetning verði +/- 1–2 m. Þá þarf að túlka snið og rannsaka sögu sethjalla, sveiflur í loftslagi o.fl. Ekki er víst að finnist hentug sýni í lónsetinu til aldursgreininga, en þó eru bundnar vonir við öskulaga-rannsóknir.
- Öskulög munu e.t.v. nýtast til að aldursgreina jarðlög þar sem jarðvegur hefur náð að myndast og hafa nokkrar aldursgreiningar þegar verið gerðar, en fleiri mun sennilega þurfa að gera. Hér er miðað við að gera þurfi a.m.k. 10 aldursgreiningar af jarðvegi eða plöntuleifum.
- Þekking á rofsögu svæðisins er lítil og er lagt til að gera áttak til þess að kanna hana vel. Þar þarf að ákvarða aldur rofhjalla með öskulögum og ¹⁴C-aldursgreiningum til að rekja sögu rofs og jöklabreytinga.
- Lagt er til að rannsóknir á svæðinu verði framkvæmdar árin 2005 og 2006, en niðurstöður liggi fyrir í drögum um áramót 2005.
- Til að ljúka rannsóknum þarf að ráða hóp sérfræðinga og aðstoðarmanna og þurfa sérfræðingar á eftirtöldum sviðum að taka þátt í vinnunni: Setlagafræðingur, öskulagafræðingur, landmótunarfræðingur auk sérfræðings í greiningu frjókorna og kísilþörungum. Sennileg þarf að koma til bergfræðingur við efnagreiningar á setlögum og öskulögum. Sumir hlutar verksins gætu hentað sem verkefni fyrir námsmenn sem eru að vinna að mastersritgerð.
- Auk þeirra rannsókna sem kveðið er á um í úrskurði umhverfissráðherra er lagt til að lokið verði við að kortleggja berglagastafla sem hverfur við myndun Háslóns og að kanna sífrera (rústir) á því svæði sem fer undir vatn og við væntanlegan vatnsbakka.



7. mynd. Tímaáætlun fyrir rannsóknir á setlögum við hið forna Háslón.

5 HEIMILDIR

- Ágúst Guðmundsson og Bessi Aðalsteinsson 1978. Austurlandsvirkjanir. Eyjabakkar. Jarðfræðiskýrsla. OS-ROD-7830, 71s.
- Ágúst Guðmundsson 1992. Austurlandsvirkjanir. Jarðgangaleiðir frá Jökulsá á Dal til Fljótsdals. Jarðfræðirannsóknir árið 1992. Áfangaskýrsla, Jarðtæknistofan hf. Reykjavík.
- Ágúst Guðmundsson 1995. Austurlandsvirkjanir. Jökulsá á Brú við Kárahnjúka. Könnun á lausum jarðlögum árið 1995. Jarðfræðistofan/Landsvirkjun. JFS 01-1995.
- Ágúst Guðmundsson 1996. Hafrahvamma- og Dimmugljúfur. Glettingur 6, 19–26.
- Ágúst Guðmundsson, Winkler, G., Hallsteinsson, H. 1999: Geology of the Fljótsdalur and Jökuldalur area East Iceland. ÁGVST Geological services Report to Landsvirkjun. JFS-2-1999.
- Árni Hjartarson og Þórólfur H. Hafstað 1997. Sviðinhornahraun. Berggrunnsrannsóknir og kort. Orkustofnun, OS-97016 B, 32 s. + kort.
- Árni Hjartarson og Elsa G. Vilmundardóttir 1998. Vesturöræfi – Hraun, Samræming jarðfræðikorta á Austurlandi. OS98027, Orkustofnun, 34 bls. + kort.
- Ármann Höskuldsson 2003. Túfflag á fyrirhuguðu lónstæði Hálslóns. Flikrubergr eða móberg við Lindur. Náttúrufræðistofnun Íslands NI-03008, 36s.
- Bessi Aðalsteinsson 1974. Jökulsá á Dal. Jarðfræðiskýrsla. BSc-ritgerð frá Verkfræði og Raunvísindadeild HÍ. 39 bls. + kort og snið.
- Bessi Aðalsteinsson 1987. Jökulhörfun á Brúaröræfum. Í: Íslandarlok á Íslandi. Jarðfræðafélag Íslands, Reykjavík. 18–19
- Bessi Aðalsteinsson 1991. Jökulsá á Dal. Jarðfræðaskýrsla Orkustofnun OS-88999/99B.
- Bessi Aðalsteinsson og Helgi Torfason 1992. Jökulsá á Dal. Jarðfræðiskýrsla. Orkustofnun. (óbirt gögn).
- Croot, D.G. 1987. Glacio-tectonic structures: a mesoscale model of thin skinned thrust sheets? *Journal of Structural Geology*, Vol. 9, No. 7, 797–808.
- Croot, D.G. 1988. *Glaciotectonics, Forms and processes*. Balkema, Rotterdam
- Eggert Ólafsson og Bjarni Pálsson 1943. 1772 Ferðabók Eggert Ólafssonar og Bjarna Pálssonar um ferðir þeirra á Íslandi árin 1752–1757. Ritsj. Haraldur Sigurðsson og Helgi Hálfðánarson, Reykjavík, 2. bindi.
- Elsa G. Vilmundardóttir 1997. Bergrunnskort af Fjallgörðum. Áfangaskýrsla. Orkustofnun OS-97-97066, 35 bls. + kort.
- Elsa G. Vilmundardóttir og Ingibjörg Kaldal 2001. Forn lón að Fjallabaki. Orkustofnun ROS, OS-2001/072, 44 s.
- Guðrún Larsen 1982. Gjósutímatal Jökulsdals. Í: Eldur er í Norðri (ritstj. Helga Þórarinsdóttir, Ólafur H. Óskarsson, Sigurður Steinþórsson og Þorleifur Einarsson). Reykjavík, Sögufélag. 51–65.
- Guðrún Larsen, Magnús T. Guðmundsson og Helgi Björnsson 1997. Eight centuries of periodic volcanism at the center of the Iceland hotspot revealed by glacier tephrostratigraphy *Geology*; v. 26; 943–946
- Helgi Torfason 1989. Jarðhitarannsóknir í Hrafnkelsdal og innanverðum Jökuldal. Sérverkefni í fiskeldi 1989. OS-89057/JHD-29B 37s.

- Hjörleifur Guttormsson 1987. Norð-Austurland hálendi og eyðibýggðir. Ferðafélag Íslands. Árbók 1987, 242 s.
- Hreggviður Norðdahl 1983. Late Quaternary stratigraphy of Fnjóskadalur, central north Iceland. LUNDQUA Theses 12, Department of Quaternary Geology, University of Lund, 78 pp.
- Hreggviður Norðdal 1991. Late weichselian and early Holocene deglaciation history of Iceland. Jökull, 40, 27–50.
- Ingibjörg Kaldal 1978. The Deglaciation of the Area North and Northeast of Hofsjökull, Central Iceland, Jökull 28 18-31.
- Ingibjörg Kaldal 1992. Austurlandsvirkjun – Arnardalsmiðlun. Jarðgrunnur og byggingarfnisleit. Orkustofnun, greinargerð. IK-92/01. 1992-08-03.
- Ingibjörg Kaldal 1993. Austurlandsvirkjun – Arnardalsmiðlun. Jarðgrunnur og byggingarfnisleit 1993. Orkustofnun, greinargerð. IK-93/01. 1993-11-25.
- Ingibjörg Kaldal og Elsa G. Vilmundardóttir 2002. Jökulmenjar á Emsturm, norðvestan Mýrdalsjökuls. Orkustofnun ROS, OS-2002/080, 29 s.
- Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 1991. Early deglaciation in Central Iceland. Jökull, 40, 51–66.
- Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 2000. Jarðgrunnskort af umhverfi Háslóns. Orkustofnun, OS-2000/065.
- Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson 2001. Saga jökulhörfunar og forns jökullóns sunnan Kárahnjúka. Glettingur 11, 31–36.
- Ingibjörg Kaldal, Skúli Víkingsson og Oddur Sigurðsson 2001. Framhlaup Brúarjökuls á sögulegum tíma. Glettingur 11, 26–30.
- Jóhann Helgason 1990. Brúardalir – Fiskidalsháls (Jarðfræðikort). Landsvirkjun
- Jóhann Helgason 1999. Fljótsdalsvirkjun. Sauðár- og Hraunaveitur: Jarðlagaskipan á veituvæði austan Jökulsár. Áfangaskýrsla. Jarðfræðistofan Ekran, Reykjavík.
- Jóhann Helgason, Robert A. Duncan og Ágúst Guðmundsson 2003. Aldur bergmyndana við Kárahnjúka og síðustu eldgos þar. Ágrip erinda og vegspjalda, Jarðfræðafélag Íslands, 40–41.
- Jón Benjamínsson 1982. Gjóskulag "a" á Norðausturlandi. Í: Eldur er í Norðri (ritstj. Helga Þórarinsdóttir, Ólafur H. Óskarsson, Sigurður Steinþórsson og Þorleifur Einarsson). Reykjavík, Sögufélag. 181–185.
- Jórunn Harðardóttir, Áslaug Geirsdóttir og Hafdís Eygló Jónsdóttir 2001a. Sethjallar sunnan Kárahnjúka. Orkustofnun OS-2001/006.
- Jórunn Harðardóttir, Hafdís Eygló Jónsdóttir og Áslaug Geirsdóttir 2001b. Sethjallar sunnan Kárahnjúka. Glettingur 11, 37–40.
- Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Sigmundur Einarsson, Sigurður H. Magnússon, Ævar Petersen og Jón Gunnar Ottósson 2000. Náttúrufar á virkjanaslóðum á Austurlandi. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-00008.
- Magnús Tumi Guðmundsson, Þórdís Högnadóttir og Helgi Björnsson 1996. Brúarjökull; Framhlaupið 1963–1964 og áhrif þess á rennsli Jökulsár á Brú. Raunvísindastofnun Háskólans, 34 s.
- Óskar Knudsen 1995. Concertina eskers, Brúarjökull, Iceland: an indicator of surge-type glacier behaviour. Quaternary Science Reviews, 14, 487–493.

- Óskar Knudsen 1998. Eskers at surging margins og Vatnajökull ice cap; examples from the outlet glaciers Brúarjökull og Tungnaárjökull. Ágrip í: Glacial Debris Transport and Deposition: Processes and Products. Joint IGS British Branch, QRA, BGRG and BSRG Meeting. School of Geography, University of Leeds.
- Óskar Knudsen og Philip M. Marren 2000. Sedimentation into a volcanically-dammed glacial tunnel valley south of Kárahnjúkar, Jökulsá á Dal. Landsvirkjun, des. 2000.
- Óskar Knudsen og Philip M. Marren 2002. Sedimentation in a volcanically dammed valley, Brúarjökull, northeast Iceland. *Quart. Science Rev.* 21, 1677–1692.
- Pálmi Hannesson 1958. Frá óbyggðum. Bókaútgáfa Menningarsjóðs, Reykjavík.
- Sharp, M. 1985. Sedimentation and Stratigraphy at Eyjabakkajökull An Icelandic surging Glacier. *Quaternary Research*, 24, 269–284.
- Sharp, M. og Dugmore, A.J. 1985. Holocene glacier fluctuation in eastern Iceland. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologi*. Band 21, 341–349.
- Sigmundur Einarsson, Sigurður H. Magnússon, Erling Ólafsson, Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Guðmundur Guðjónsson, Kristbjörn Egilsson og Jón Gunnar Ottósson. 2000. Náttúruverndargildi á virkjunarsvæðum norðan jökla. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-00009.
- Sigurður Þórarinnsson 1938. Über anomale Gletscherschwankungen mit besonderer Berücksichtigung des Vatnajökullgebietes. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*. Bd. 60 H. 3. 1938
- Sigurður Þórarinnsson 1964a. On the age of the terminal moraines of Brúarjökull and Hálsajökull. *Jökull* 14, 67–75.
- Sigurður Þórarinnsson 1964b. Sudden advances of Vatnajökull outlet glaciers 1930–1964. *Jökull*, 14, 76–89.
- Sigurður Þórarinnsson 1969. Glacier surges in Iceland, with special reference to the surges of Brúarjökull. *Canadian Journal of Earth Sciences* 6, 875–882.
- Skúli Víkingsson 1989. Fljótsdalsvirkjun. Könnun lausra jarðlaga, yfirlitskort. Orkustofnun, OS-89026/VOD-05-B.
- Skúli Víkingsson 1991. Jökulsá á Dal. Jarðgrunnskortlagning í júlí 1991. Orkustofnun, greinargerð. SV-91/04.
- Skúli Víkingsson 2000. Umhverfi og orkuöflun – jöklalandslag. Austurland. Stöðuyfirlit í ársbyrjun 2000. Orkustofnun, greinargerð. SV-00/01. 2000-06-05.
- Skúli Víkingsson og Þórólfur H. Hafstað 1992a. Austurlandsvirkjun – Dimmugljúfur. Byggingaefnisleit. Orkustofnun, greinargerð. SV/ÞHH-92/05. 1992-10-08.
- Skúli Víkingsson og Þórólfur H. Hafstað 1992b. Austurlandsvirkjun – Dimmugljúfur. Byggingaefnisleit – viðbót. Orkustofnun, greinargerð. SV/ÞHH-92/06. 1992-11-30.
- Skúli Víkingsson og Þórólfur Hafstað 1993a. Austurlandsvirkjun – Dimmugljúfur. Byggingaefniskönnun 1993. Orkustofnun, greinargerð. SV/ÞHH-93/05. 1993 12-08.
- Skúli Víkingsson og Þórólfur H. Hafstað 1993b. Austurlandsvirkjun – Efri-Jökuldalur. Byggingaefnisleit. Orkustofnun, greinargerð. SV/ÞHH-92-07. 1992-12-15.
- Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1996. Gagnasafn aurburðarmælinga 1963–1995. Orkustofnun OS-96032/VOD-05 B.
- Sveinn Pálsson 1945. Ferðabók Sveins Pálssonar. Dagbækur og ritgerðir 1791–1797. Sælandsútgáfan, Reykjavík.

- Todtmann, E.M. 1955. Übersicht über die Eisrandlagen in Kringilsárrani von 1890–1955. Jökull, 5, 8–10.
- Todtmann, E.M. 1960. Gletscherforschungen auf Island (Vatnajökull). Abhandlungen aus dem Gebiet der Auslandskunde. Band 65 – Reihe C Naturwissenschaften, Band 19. Hamburg Cram, De Gruyter and Co 1960. 1–95.
- Woldstedt, P. 1939. Vergleichende Untersuchungen an Islandischen Gletschern. Jahrbuch der Preußischen Geologischen Landesanstalt zu Berlin für das Jahr 1938, Band 59,
- Þorvarður Kjerúlf 1962. Vatnajökull hlaupinn. Frásögn Þorvarðar læknis Kjerúlfs 1890. Jökull 12, 47–48.
- Þorvaldur Thoroddsen 1914. Ferðabók. Skýrslur um rannsóknir á Íslandi 1882–1898. Þriðja bindi. Hið íslenska fræðafélag, Kaupmannahöfn.