

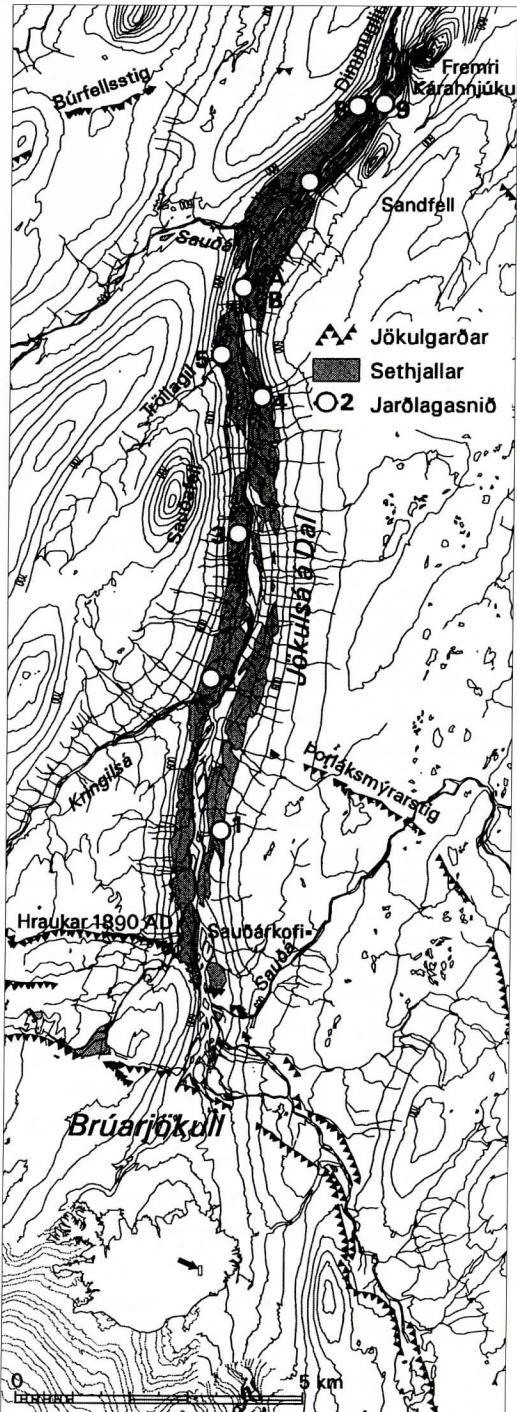
Sethjallar sunnan Kárahnjúka

Sunnan við Kárahnjúka eru fallegar sethjallamyndanir, sem fara stiglækkandi niður að farvegi Jöklu. Hjallarnir samanstanda aðallega af jökulárseti og finkorna seti, sem að mestu leyti settist til í lóni framan við hörfandi jökulsporð, í lok ísaldar og byrjun nútíma. Síðar fylltist lónið upp og tiltölulega lítilvirkт vatnsfall liðaðist um grónar áreyrar í botni dalsins í nokkur þúsund ár. Sjálfir hjallarnir mynduðust koll af kolli við það að rofmáttur árinnar jókst í kjölfar jökulframrása og hún tók að grafa út setið sem fyllt hafði upp lónið. Aldursgreiningar á jarðvegi sem finnst ofarlega á nokkrum stöðum í hjöllunum, undir malarlagi, benda til þess að efstu hjallarnir hafi myndast fyrir um 4000 árum (^{14}C ár), en hjallarnir sem liggja neðar, urðu til fyrir um 1800 árum (^{14}C ár). Petta bendir til þess að um a.m.k. tvö framrásarstig jökuls hafi verið að ræða á seinni hluta nútíma á svæðinu. Gröftur hjallanna hefur þannig gerst í þrepum og tengist hver hjalli væntanlega hafti sem rofnað hefur í hinni stórkostlegu smiði Hafrahvammagljúfra, svo og framhlaupum Brúarjökuls.

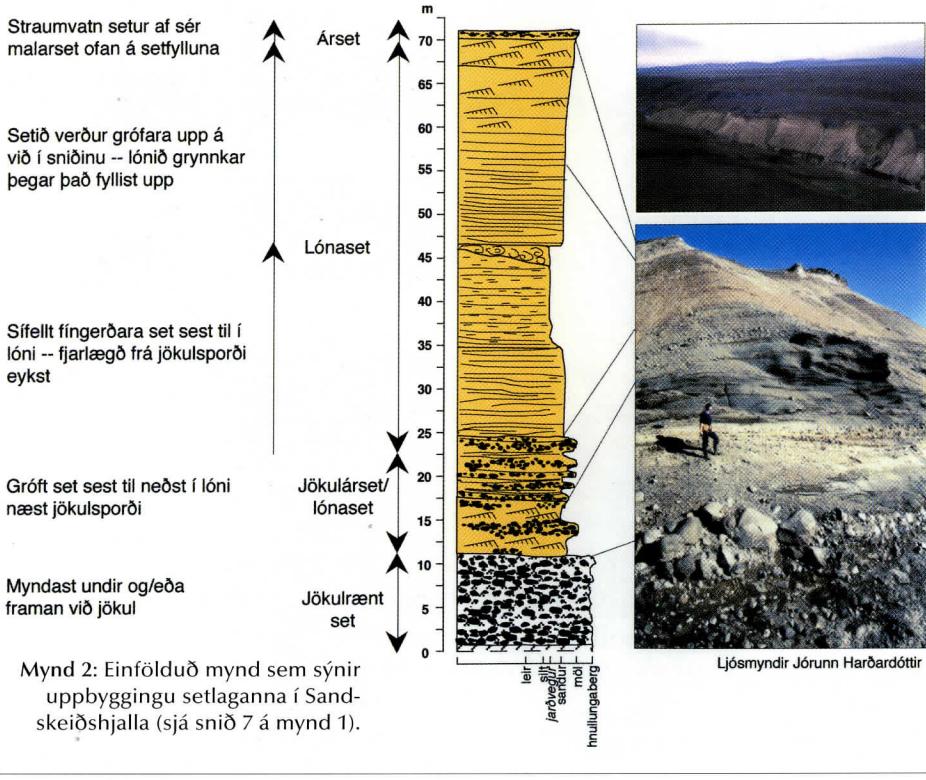
A SÍDUSTU ÁRUM hafa rannsóknir á háleldinu norðan Vatnajökuls aukist, í kjölfar hugmynda um virkjun Jökulsár í Fljótsdal við Eyjabakka og Jökulsár á Dal við Kárahnjúka. Í þessari umræðu hafa hin stórbrottu Hafrahvammagljúfur komið mikið við sögu, en ef Kárahnjúkavirkjun verður að veruleika, verður reist há stífla við suðurenda gljúfranna, við Fremri-Kárahnjúk, sem mynda mun langt og mjótt uppistöðulón, svokallað Háslón, alla leið inn að Brúarjökli.

Meðfram farvegi Jökulsár á Dal, eða Jöklu, eins og margir kalla hana, og innan þess svæðis sem fara mun á kaf í Háslóni, eru áberandi sethjallar sem fara stiglækkandi niður að ánni. Hjallana má rekja allt að 17 km leið, frá Kárahnjúkum í norðri og allt suður fyrir Kringilsá, en hjallaþrepin eru misáberandi í landslaginu. Hjallarnir eru 10 talsins þar sem þeir eru flestir, og samanstanda af misgrófu og mishörðu seti. Á nokkrum stöðum fyrir ofan efstu hjallana má sjá strandlínur sem marka efsta fjöruborð lónsins, sem meirihluti setlaganna settist til í.

Pær jarðfræðirannsóknir sem gerðar hafa verið á svæðinu milli Kárahnjúka og Brúarjökuls tengjast flestar kortlagningu jökulmenja. Á síðustu árum hefur athygli manna hins vegar beenist að setlögunum í hjöllunum sunnan Kárahnjúka. Nokkrar



Mynd 1: Staðsetning sniða í hinu forna lónstæði sunnan Kárahnjúka. Einnig eru sýndir helstu jökulgarðar á svæðinu, sem tengjast höfun ísaldarjökulsins og framhlaupum síðustu alda (byggt á korti Ingibjargar Kaldal og Skúla Víkingssonar, 2000).



Í þessari grein er tveimur lykilsniðum lýst, en þau lýsa hvort sínu tímabili í móturn sethjallanna. Annað sniðið er við Sandskeið, en þar má skoða upphleðslu sjálfa setlaganna (snið 7 á mynd 1). Hitt sniðið, norðvestan við Sauðárkofa, lýsir hins vegar rofi hjallanna og myndun Hafrahvammagljúfra (snið 1 á mynd 1).

Upphleðsla setlaganna

Almennt má segja að neðsti hluti sethjallanna á rannsóknasvæðinu, saman standi af mjög grófu jökuláseti. Á einstaka stað finnst einnig jökulurð undir því, og á nokkrum stöðum fingrast jökuláset

aðrar rannsóknir, fyrir utan þá sem þessi grein byggir á, hafa fjallað um setlögin og myndun þeirra í fornu lóni í lok síðjökultíma og byrjun nútíma fyrir tæpum 10.000 árum. Ber þar helst að minnast á rannsóknir þeirra Ingibjargar Kaldal og Skúla Víkingssonar (2000) og Óskars Knudsen og Philip Marren (2000).

Greinin er að miklu leyti byggð á skýrslunni „Sethjallar sunnan Kárahnjúka“, sem kom út 2001 og höfundar unnu fyrir Landsvirkjun í tengslum við umhverfismat Kárahnjúkavirkjunar.

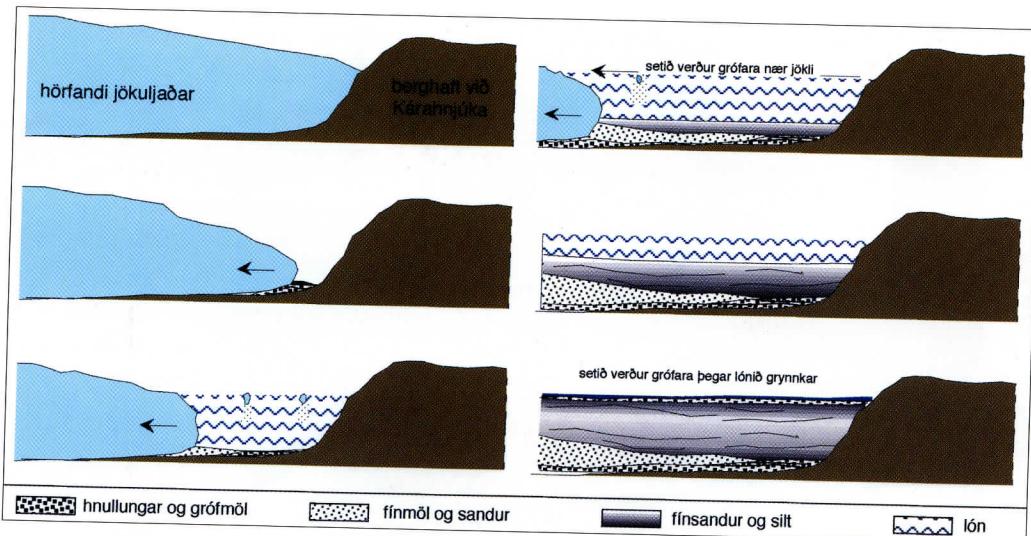
Rannsóknaraðferðir

Haustið 2000 var farið í vettvangsferð til þess að rannsaka sethjallana sunnan Kárahnjúka. Alls voru mæld níu snið upp í gegnum hjallana og hverri setlagaeiningu lýst með tilliti til kornastærðar og ytri og innri byggingar einkenna hennar. Gjóskulög finnast í töluverðum mæli í jarðvegseiningum ofan á og í setinu sjálfa og var reynt að kortlegga þau eftir bestu getu til þess að aldursgreina setið með aðferðum gjóskulagafræðinnar. Einnig var jarðvegssýnum safnað til aldursgreininga og þau kolefnisgreind á Eðlisfræðistofu Árósarháskóla í Danmörku. Að lokinni vettvangsvinnu var hafist handa við úrvinnslu gagna, m.a. að teikna upp sniðin og kortlegga útbreiðslu seteininganna. Þegar niðurstöður aldursgreininga lágu fyrir var hægt að setja fram myndunar sögu hjallanna og tengja hana rofsögu Hafrahvamma gljúfra.

saman við jökulurð. Um miðbik sethjallanna, sérstaklega í norðurhlutnum, er setið mun finna, og saman stendur fyrst og fremst af lagksiptu silti og finum sandi. Á nokkrum stöðum er fina setið töluvert aflagað, þ.e. þvaelt, með fellingu og misgengi. Þetta bendir að öllum líkindum til þess að setmyndunin hafi annað hvort verið mjög hröð um tíma, eða að setið hafi aflagast vegna ofanáliggjandi fargs. Efsti hluti hjallanna er síðan úr ármöl.

Nánast enginn leir finnst í þessum sethjöllum, og er ástæðan talin vera sú að lónið hafði alltaf eitthvað afrennsli (Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson, 2000). Lagksipt silt og leir hefur hinsvegar fundist á einstaka stað. En þar sem útbreiðsla þess er mjög takmörkuð á svæðinu, er einungis talið að um staðbundna myndun sé að ræða.

Rétt sunnan við Fremri-Kárahnjúk, vestan ár, er um 500 metra breiður og 4 kilómetra langur sethjalli sem heitir Sandskeið. Hann er svo sléttur að flugvélar hafa lent á honum, enda oft kallaður „Flugvallarhjalli“ manna á milli. Hjallinn er sérstaklega áberandi þegar horft er vestur yfir Jöklu af Sandfelli (mynd 2). Setlögin á þessum stað gefa góða innsýn í myndunarsögu lónsins sem eitt sinn fyllti dalinn. Á mynd 2 eru setlagaeiningarnar sýndar sem kortlagðar voru í Sandskeiðssniðinu, ásamt túlkun á uppruna þeirra. Neðsti hluti setsins hefur sest til fyrir framan og/eða undir ísaldarjöklinum sem á þessum tíma hörfaði hratt inn til landsins eftir að hafa



Mynd 3: Hér er sýnt á einfaldan hátt hvernig setlöginn settust til í lóni framan við hörfandi jökul í lok síðjökultíma og byrjun nútíma.

náð út á ystu annes. Mikið bræðsluvatn fylgdi hörfun jöklusins og safnaðist það saman í lóni milli jökulsporðsins og Ytri-Kárahnjúks, þar sem berghaft stíflaði dalinn. Ofan á þessu jökulættaða seti, er set sem túnkað hefur verið sem jökulárset, sem hefur myndast á sama tíma. Þegar jökullinn hörfaði lengra til suðurs, var svæðið við Fremri-Kárahnjúk komið mun lengra frá hinum hörfandi jökulsporði, og því varð efnið sem þangað barst mun fingerðara eins og sést á mynd 2.

Lónið fylltist fljótt upp af seti á sama tíma og jökullinn hopaði, hugsanlega allt inn að núverandi jaðri Brúarájkuls. Lónið hefur haft afrennsli til norðurs, eins og sjá má á efstu strandlínnum við Kárahnjúka í um 560 m h.y.s., eða um 15 m ofan við Sandskeiðshjallann. Í efsta hluta Sandskeiðssniðsins verður setið grófara á nýjan leik og er sú breyting tengd grynnkun lónsins. Eftir að lónið fylltist upp rann kvíslótt jökulá ofan á lónfyllunni sem setti af sér efsta malarlagið sem finnst ofan á Sandskeiðshjallanum. Þessari atburðarás, sem átti sér stað fyrir um 9000 árum, er lýst á myndrænan hátt á mynd 3.

Rof setfyllunnar og myndun hjallanna og Kárahnjúkagljúfa

Setið í suðurhluta lónfyllunnar er mun grófara en setið í Sandskeiðshjallanum, enda hefur það sest til mun nær jöklí, þ.e. að mestu leyti þar sem jökulvatnskvíslar hafa myndað aura framán við jökul og út hið forna lón. Þegar jöklar minnkuðu í byrjun nútíma fyrir um 8500-9000 árum breyttist hin kvíslótta jökulá í tiltölulega

lítillvirka á, sem hefur runnið norður eftir setfyllunni í nokkur þúsund ár áður en hún tók að grafa sig ofan í setlöginn og mynda hjallana. Lengstan hluta þessa tíma hefur hún liðast um dalbotninn, sem að miklu leyti var gróinn, eins og þykk jarðvegslög inn á milli grófari setla í suðurhluta lónfyllunnar gefa til kynna.

Petta kemur sérstaklega vel fram norðvestan við Sauðárkofa (snið 1 á mynd 1). Þar liggr snið 1 gegnum two hjalla og er efri hjallinn litlu neðar en efstu strandlínur lónsins, en sá neðri um 10 metrum neðar. Á mynd 4 eru sýndar þær setlagaeiningar sem voru kortlagðar og sömuleiðis túlkun þeirra. Jarðvegur finnst í báðum þessum hjöllum og er geislakolsaldur neðra jarðvegslagsins 1810 ± 65 ^{14}C ár (kolefnissárr). Sýni sem tekin voru úr efsta hluta jarðvegslaga við Kringilsá og við Tröllagil voru einnig aldursgreind, en þar eru jarðvegslögin í efsta hjallanum og því á sambærilegum stað og efra jarðvegslagið í sniðinu norðvestan Sauðárkofa. Aldur Kringilsársýnisins er um 3800 ^{14}C ár, en Tröllagilssýnið er 4410 ± 75 ^{14}C ára gamalt.

Fyrir rúnum 4000 árum hefur kraftur hinnar forn Jöklu aukist mjög og hún breyst úr tiltölulega lítillsvirku vatnsfalli, í jökulá, sem setti af sér mikið magn af jökulárseti ofan á þykkjan jarðveginn sem finna má í efri hjalla Sauðárkofasniðsins. Þessi breyting tengist stækkan jöklá fyrir um 4000 árum, en sífellt fleiri rannsóknir benda til þess að veðurfar hafi heldur kólnað á þessum tíma og roföfl orðið mun virkari. Rofkraftur árinnar jökst samtímis því að berghaftið við Ytri-Kárahnjúk rofnaði, og



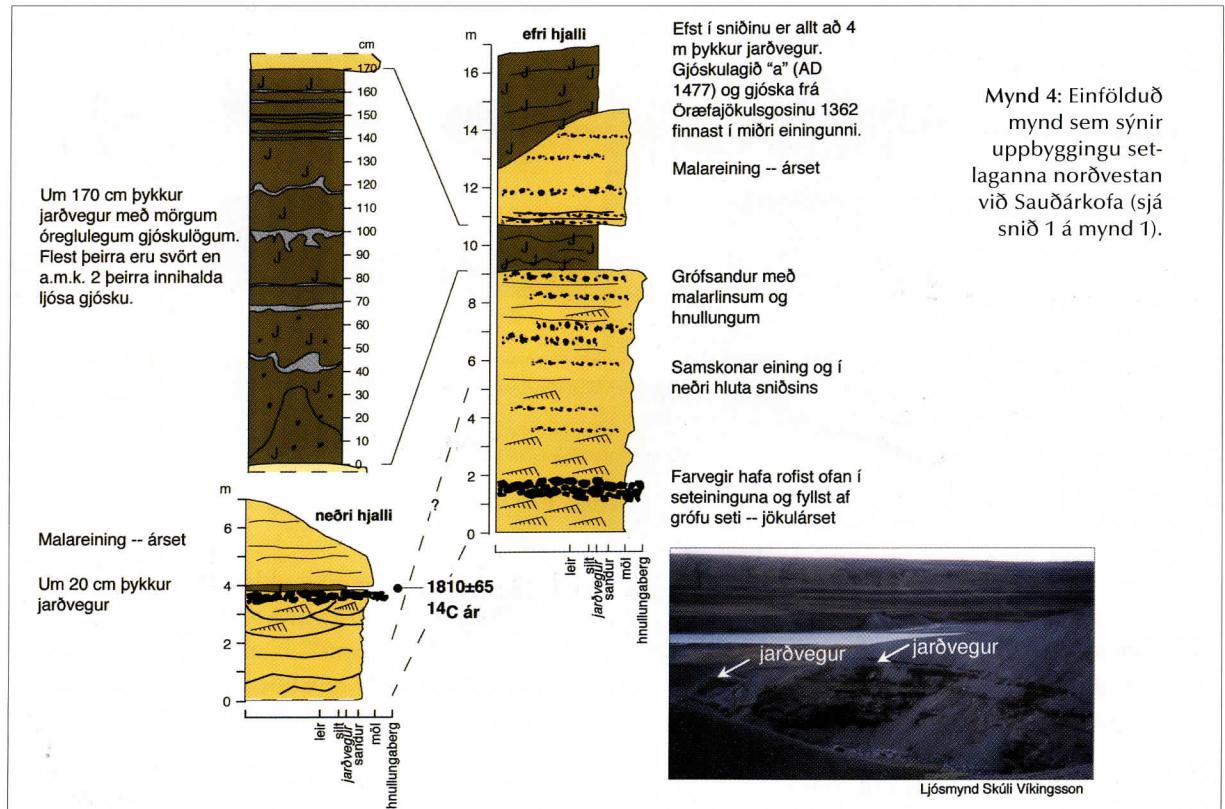
Jórunn Harðardóttir er jarðfræðingur á Vatnamælingum Orkustofnunar.



Hafdis Eygló Jónsdóttir er jarðfræðingur við Akureyrarsetur Náttúrufræðistofnunar.



Áslaug Geirsdóttir er jarðfræðingur við Háskóla Íslands.



áin byrjaði að grafa út hið forna lónaset og mynda efsta hjallann. Neðra jarðvegslagið í Sauðárkofasniðinu sýnir að áreyrarnar gréru síðan aftur upp, sem bendir til rýrnunar jökuls áður en annað roftímabil hófst fyrir um 1800 árum samfara annarri jökulframrás. Gröftur hjallanna hefur þannig gerst í þrepum og tengist hver hjalli væntanlega hafti sem rofnað hefur í hinni stórkostlegu smíð gljúfranna svo og framhlaupum Brúarjökuls.

Aldur jarðvegs í neðri hjallanum við Sauðárkofa sýnir að fyrir um 1800 árum átti Jökla enn langt í land með að klára gljúfrasmíð sína. Enn í dag er hún að móta farveg sinn, eins og sjá má á gömlum loftmyndum sem sýna lítt foss við Lindur, en í dag eru þar aðeins flúðir. Hvort Hafrahvammagljúfur hafi að öllu leyti myndast á síðustu 4000-5000 árum skal ósagt látið. Líklegt er að nyrsti hluti gljúfranna, þ.e. norðan við Ytri-Kárahnjúk, þar sem þau eru grynnri og breiðari, hafi byrjað að rofna fyrri. Dýpti og þverhníptasti hluti gljúfranna, eða hin eiginlegu Dimmugljúfur sunnan við Ytri-Kárahnjúk, hefur þó ekki byrjað að grafast að ráði fyrr en fyrir rúnum 4000 árum.

Lokaorð

Sethjallarnir sunnan Kárahnjúka eru ekki einu setlögin á Íslandi sem vitna um upphleðslu sets í lóni framan við hörfandi jökuljaðar á síðjökultíma og byrjun nútíma. Hins vegar er á fáum stöðum hægt að nálgast jarðsög-

una á jafn aðgengilegan hátt og hér. Í þessari stuttu grein hefur hinum stóru dráttum í myndunarsögu lónaset eins, hjallanna og gljúfranna verið lýst, og tengslum hennar við veðurfarsbreytingar á síðustu 10.000 árum. Ummerki um slík setmyndunar- og rofferli, tengd veðurfarsbreytingum, í samfelldu sniði, eru enn sem komið er einsdæmi á Íslandi. Því má segja að sethjallarnir séu mikilvægur hlekkur í rannsóknunum á loftslagsþróun á Íslandi og Norður-Atlantshafssvæðinu á seinni hluta nútíma. Enn er þó margt órannsakað í þeim efnum. Sérstaklega er nauðsynlegt að aldursgreina betur hin mörgu roftímabil sem hjallarnir lýsa, en það mætti gera með fleiri geislakolsgreiningum og með aðstoð gjóskulagafraðinnar. Þær niðurstöður sem kynntar eru hér sýna einnig að nauðsynlegt er að endurskoða hugmyndir manna um rofhraða á sambærilegum gljúframýndunum.

Heimildir:

Ingibjörg Kaldal og Skúli Vikingsson 2000: *Jarðgrunnskort af umhverfi Hálslóns*. Orkustofnun, OS-2000/065, 20 bls. auk korts. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Jórunn Harðardóttir, Áslaug Geirs dóttir og Hafdis Eggló Jónsdóttir 2001: *Sethjallar sunnan Kárahnjúka*. Rannsóknir vegna Kárahnjúkavirkjunar. Orkustofnun, OS-2001/006, 31 bls. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Oskar Knudsen og Philip M. Marren 2000: *Sedimentation into a volcanically-dammed glacial tunnel valley south of Kárahnjúkar, Jökulsá á Dal*. Landsvirkjun, 53 bls.