



53

STRANDROF OG STRANDVARNIR VIÐ BRÚNA YFIR JÖKULSÁ Á BREIÐAMERKURSANDI

Helgi Jóhannesson lauk prófi í byggingarverkfræði frá Háskóla Íslands 1983. Frá 1983 til 1988 stundaði hann framhaldsnám við University of Minnesota í Bandaríkjunum og lauk þaðan mastersprófi 1985 og doktorsprófi 1988. Hefur starfað frá 1988 sem verkfræðingur hjá Vegagerðinni.



Sigurður Sigurðarson lauk prófi í byggingarverkfræði frá Háskóla Íslands 1980 og meistaraþráðu frá Danmarks Tekniske Højskole í Lyngby 1982. Hann starfaði á Odense Stálskibsværft frá námi loknu til 1984. Sigurður hóf síðan störf hjá Vita- og hafnamálastofnun og síðan Siglingastofnun eftir stofnun hennar 1996.



Gísli Viggósson lauk fyrrihlutaprófi í byggingarverkfræði frá Háskóla Íslands 1967 og meistaraþráðu frá Tækniháskólanum í Prándheimi, NTH, 1970. Hann starfaði á hafnadeild NTH-háskólans árið 1970 og á verkfræðistofu Stefáns Ólafssonar árið 1971. Gísli hóf störf hjá Vita- og hafnamálastofnun um áramótin 1971/1972, sem síðar varð Siglingastofnun Íslands, og hefur verið forstöðumaður rannsókna og þróunar frá 1986.



Inngangur

Á undanförunum áratugum hefur átt sér stað mikið rof á ströndinni framan við Jökulsárlón á Breiðamerkursandi. Frá 1904 til 2003 var rofið 770 m eða um 8 m/ári að meðaltali. Þau verðmæti sem eru í húfi á Breiðamerkursandi eru Hringvegurinn, auk raflína í eigu Landsnets (Byggðalína) og Rafmagnsveitna ríkisins (lína í Öraefin). Allt frá árinu 1990 hefur Vegagerðin staðið fyrir rannsóknum á Breiðamerkursandi með það að markmiði að tryggja öryggi hringvegarins á þessu svæði. Hér er gerð grein fyrir þessum rannsóknum með áherslu á þann þátt þeirra sem snýr að möguleikanum á því að tryggja öryggi vegarins með strandvörnum. Greinin er íslensk þýðing á grein okkar sem birt var á ráðstefnunni Second International Coastal Symposium in Iceland sem haldin var á Höfn í Hornafirði árið 2005 (Helgi Jóhannesson o.fl., 2005).

Myndun Jökulsárlóns og orsök landbrotsins

Í grein Price (1982) er gefið gott yfirlit yfir breytingar á Breiðamerkurjökli, Breiðamerkursandi, Jökulsárlóni og Jökulsá frá 1890 til 1980. Þar kemur fram að jökullinn náði lengst til suðurs um 1890 og hefur verið að hopa síðan þá (mynd 1). Jökullinn hopaði þó ekki allur jafnt og raunar byrjaði jökullinn að ganga staðbundið fram við Jökulsá eitt-hvað fyrir 1920. Lengst náði hann fram árið 1933 þegar hann gekk lítið eitt fram yfir hábrún aldanna sem næstar eru útfalli árinna úr lóninu, sbr. Flosi Björnsson (1993).

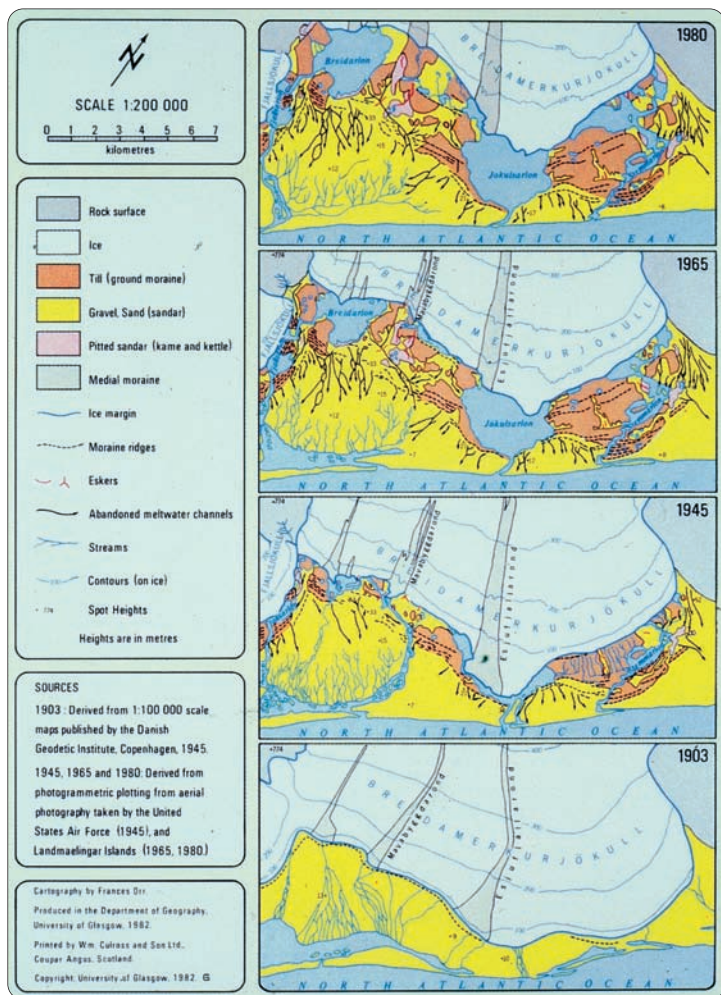
Frá 1890 til 2003 hefur jökullinn hopað um 4,7 km (mynd 3). Árið 2003 var flatarmál Jökulsárlóns 17,0 km². Til samanburðar er rétt að geta þess að flatarmál Jökulsárlóns árið 1975 var 7,9 km² (Boulton, Harris og Jarvis 1982).

Almennt er talið af jarðvísindamönnum að jökuljaðarinn hafi verið mun norðar á landnámsöld en hann er nú. Eftir 1200 til 1400 byrja jöklar að skriða fram. Samkvæmt korti Knopfs frá 1735 má búast við að jökuljaðarinn hafi verið 9 km frá ströndinni árið 1732 (Sigurður Þórarinnsson 1943) og samkvæmt korti Sveins Pálssonar frá 1794 og upp-

lýsingum í ævisögu hans má búast við að jökuljaðarinn hafi verið 2,5 km frá ströndinni árið 1793 (Sigurður Þórarinnsson 1943). Hvergi er getið í heimildum frá þessum tíma að á Breiðamerkursandi hafi verið lón þar sem Jökulsárlón er nú. Það er því næsta víst að jökullinn hefur grafið út lægðina þar sem Jökulsárlón er nú. Það er því næsta víst að jökullinn hefur grafið út lægðina þar sem Jökulsárlón er nú á framskríði sínu yfir sandinn. Það að svo djúp lægð hefur grafið í sandinn stafar af flóknu samspili jökulsins og árinna sem undan honum kemur. Án árinna getur jökullinn ekki grafið svona djúpa lægð því það er áin sem skilar efninu til sjávar.

Dýpi lónsins var mælt árið 1975 (Boulton, Harris og Jarvis 1982). Rúmmál lónsins þá mældist 500 milljón m³. Boulton, Harris og Jarvis (1982) töldu líklegt að jökullinn hefði grafið út lónstæðið á í mesta lagi 130 til 175 árum og styðjast þeir þar við upplýsingar sem Sigurður Þórarinnsson (1943) tók saman um staðsetningu jökuljaðarins við útfall Jökulsár fyrr á tímum. Áin þarf því að hafa borið fram til sjávar 3 til 4 milljónir m³ á ári.

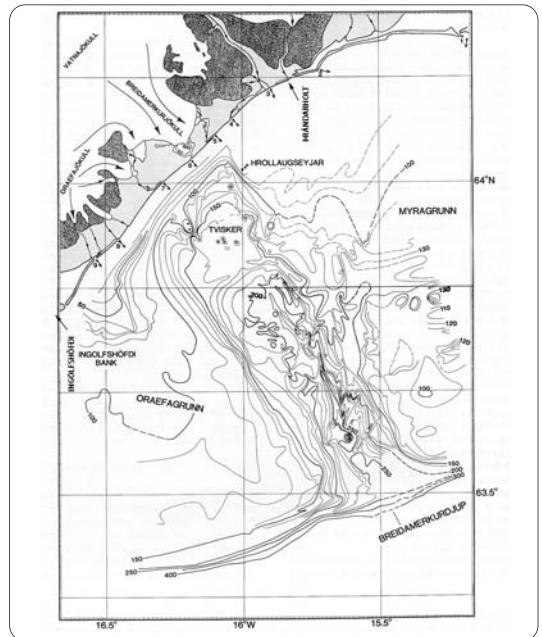
Íssjarmælingar sýna að undir jöklinum (norðan Jökulsárlóns) er 2 til 4 km breiður og 20 km langur fjörður sem nær mest 300 m undir sjávarmál (Helgi Björnsson o.fl.,



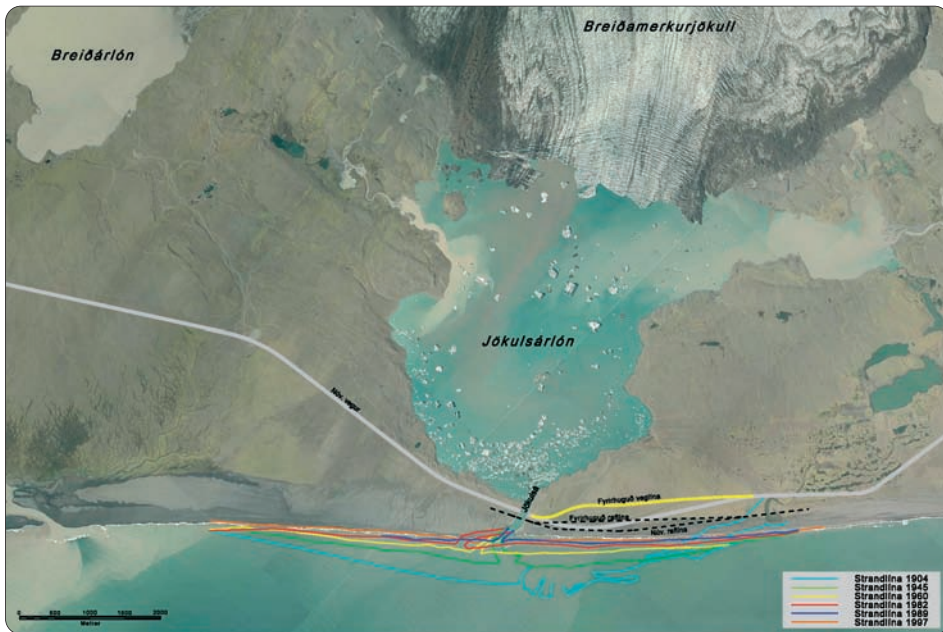
Mynd 1. Breytingar á Breiðamerkurjökli, Breiðamerkursandi, Jökulsárlóni og Jökulsá frá 1903 til 1980 (Price, 1982).

1992 og Helgi Björnsson, 1994 and 1996). Helgi Björnsson (1996) telur að rennan geti hafa myndast vegna rofs samfara framskriði jökulsins eftir 1100. Rúmmál rennunnar er 11.500 milljón m³ (Jökulsárlón innifalið) og hafi rennan öll grafist út á 800 árum hefðu að jafnaði borist í sjó fram 14 milljón m³/ári (Helgi Björnsson, 1996). Þetta mat á framburði Jökulsár er fjórum sinnum hærra en fyrra mat sem byggðist einvörðungu á mati á framburði yfir tímabilið sem Jökulsárlón grófst út.

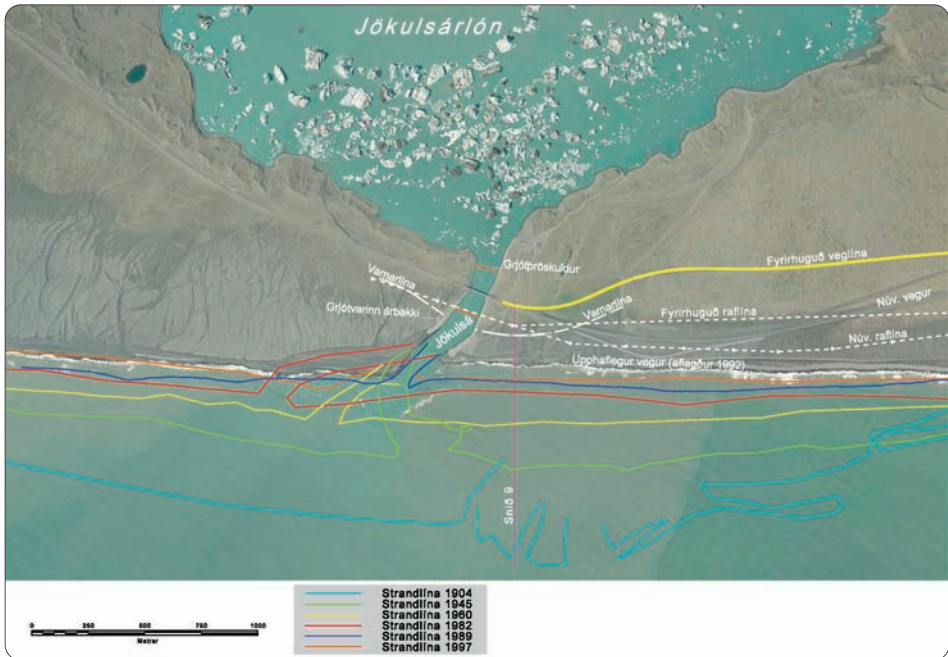
Eftir að jökullinn byrjaði að hopa og lónið myndaðist breyttist framburður Jökulsár úr því að vera 14 milljón m³/ári niður í það að vera lítill sem enginn. Ástæðan fyrir þessu er sú að straumhraði Jökulsár dettur niður eftir að áin kemur undan jöklinum inn í lónið og allur framburðurinn situr því eftir í lóninu. Útlit strandarinnar um síðustu aldamót tók mið af því að Jökulsá skilaði miklum framburði til sjávar (myndir 1 og 3). Ströndin hafði byggst út við ósa Jökulsár frá eðlilegu jafnvægi strandarinnar milli Ingólfshöfða og Þrándarholts. Á móti þessari frambyggingu strandarinnar vinnur síðan ölduáraunin sem flytur efnið til austurs eða vesturs eftir því úr hvaða átt vindurinn blæs. Eftir að framburður Jökulsár til sjávar minnkaði var lega strandarinnar ekki lengur í jafnvægi við ölduáraunina við ströndina. Aldan brýtur enn efni úr ströndinni framan við ósinn en ekkert efni berst með ánni til sjávar. Efni tapast því stöðugt og ströndin hopar (myndir 1 og 3) þar til lega strandarinnar hefur náð jafnvægi að nýju.



Mynd 2. Sjávarbotn suður af Breiðamerkursandi (Boulton et. al., 1988). Sýndar eru þær klappir á ströndinni sem næstar eru Jökulsárlóni, en þær eru Ingólfshöfði (33 km vestan Jökulsárlóns) and Þrándarholt (22 km austan Jökulsárlóns).



Mynd 3. Strandbreytingar við Breiðamerkursand. Myndin sýnir einnig núverandi veg / rafliðu og fyrirhugaða veglínu / rafliðu austan Jökulsár. Loftmyndin í bakgrunnum er frá 2003.



Mynd 4. Strandbreytingar við Breiðamerkursand. Myndin sýnir einnig núverandi veg / raflínu og fyrirhugaða veglínu / raflínu austan Jökulsár. Loftmyndin í bakgrunninum er frá 2003.

Tafla 1. Breytingar á strandlínu í sniði nr. 9.

Ár	Fjarlægð (m) frá strandlínu að varnarlínu eftir sniði nr. 9	Tímabil	Rofhraði m/ári
1904	900		
1945	590	1930–1945	20,7
1960	390	1945–1960	13,3
1982	250	1960–1982	6,4
1989	205		
1997	195		
2003	135	1982–2003	5,5

Hraði landbrotsins

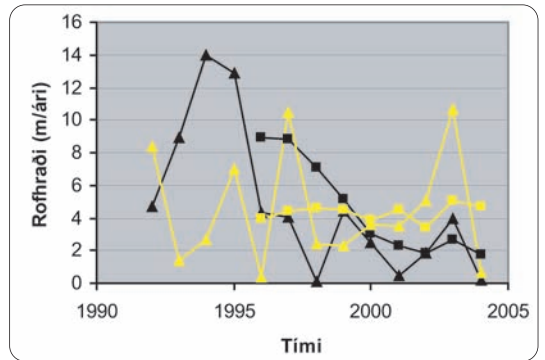
Ströndin á Breiðamerkursandi er hluti tiltölulega beinnar strandlínu sem nær á milli tveggja klapparhöfða en þeir eru Ingólfshöfði sem er 33 km vestan Jökulsár og Þrándarholt sem er 22 km austan Jökulsár (mynd 2). Á myndum 3 og 4 er strandlínan framman við Jökulsá sýnd fyrir árin 1904, 1945, 1960, 1982, 1989 and 1997. Mynd 3 sýnir aðeins hluta korts sem nær allt frá Ingólfshöfða til Hafnar í Hornafirði (Skúli Víkingsson, 1991). Roof á sér stað á 8 km langri strandlengju. Ós Jökulsár markar miðju rofsvæðisins þannig að roof á sér stað á 4 km langri strandlengju bæði austan og vestan við ósinn (mynd 1). Þegar komið er lengra til vesturs og austurs frá ósnum eru strandbreytingarnar mun minni.

Í töflu 1 er sýnd fjarlægðin á milli varnarlínunnar og strandlínunnar í sniði 9 sem er um 100 m austan við Jökulsá (mynd 4). Samkvæmt töflu 1 hefur ströndin hopað um 765 m á 99 árum eða um 7,7 m/ári að meðaltali. Ef gert er ráð fyrir að rofið hafi byrjað um 1930 þegar Jökulsárlón byrjaði að myndast fæst að rofhraðinn var mestur 20,7 m/ári á tímabilinu 1930–1945 en er 5,5 m/ári á tímabilinu 1982–2003. Af gögnunum í töflu 1 er hægt að draga þá ályktun að það dragi úr rofhraðanum.



Mynd 5a. Rofið á Breiðamerkursandi hefur myndað 2 til 4 m háan fjörubakka. Myndin sýnir fjörubakkann 1000 m austan við Jökulsá.

Strandrofið á Breiðamerkursandi hefur myndað 2–4 m háan stall rétt ofan við fjöruborðið sem sjórinn er sífellt að grafa undan. Þegar þessi stallur, sem hér er kallaður fjörubakki, kemur að mannvirkjum á svæðinu (brú, vegur, raflína) mun einfaldlega grafa undan þeim og þau hrynja fram af stallinum ef ekkert er að gert. Þann 21. október 2004 var stysta fjarlægð frá fjörubakka að vegi, 1000 m austan Jökulsár, 71 m, stysta fjarlægð á milli fjörubakka og raflínu var 26,2 m og stysta fjarlægð frá fjörubakka að brúnni var 250 m. Rofið á fjörubakkanum hefur verið mælt árlega síðan 1991. Niðurstaðan er sýnd á mynd 5b ásamt ljósmynd af fjörubakkanum (mynd 5a). Ef tekið er fimm ára hlaupandi meðaltal af rofhraða fjörubakkans vestan árinna (1200–2000 m vestan árinna) fæst að rofhraðinn var 9 m/ári árið 1996 en hefur síðan stöðugt farið lækkandi niður í 2 m/ári árið 2004. Fimm ára hlaupandi meðaltal af rofhraða fjörubakkans austan árinna (1000–1800 m austan árinna) sýnir á hinn bóginn meira eða minna jafnan rofhraða 4,5 m/ári frá 1996–2004. Þessir rofhraðar eru nokkru lægri en rofhraðinn í sniði 9 og er ástæðan sú að snið 9 er í miðju rofsvæðinu en mælingarnar á fjörubakkanum eru framkvæmdar lengra til austurs og vesturs frá Jökulsá, á svæði þar sem landslagið í fjörunni hefur ekki mótast af farvegi Jökulsár.



Mynd 5b. Rofhraði fjörubakkans 1200–2000 m vestan (svart) og 1000–1800 m austan (gult) Jökulsár. Þríhyrningarnir sýna rofhraða hvers árs og ferningarnir eru 5 ára meðaltöl.

Áhrif af landrasi við Vatnajökul á rof strandarinnar

Íslenskir jöklar rýrnuðu á 20. öldinni og hefur verið áætlað að Vatnajökull hafi rýrnað um 182 km³ frá 1890 til 1978 (Pagli o.fl., 2005) Núverandi hraði á landrasi við jaðar Vatnajökuls er um 15 mm/ári (Freysteinn Sigmundsson o.fl., 2005). Samkvæmt Tómas Jóhannesson o. fl. (2004) má gera ráð fyrir að sunnanverður Vatnajökull rýrni um 500 km³ frá 2000 til 2100 vegna hlýnandi loftslags (hlýnun um 2,25°C á 100 árum). Allur Vatnajökull gæti þá rýrnað um 1000 km³ frá 2000 til 2100. Þessi minnkun á rúmmáli Vatnajökuls mun hafa áhrif hraða landrissins sem gæti orðið 40 mm/ári árið 2050 og heildarlandris við jaðar Vatnajökuls yrði þá 4 m fyrir tímabilið 2000 til 2100 (Freysteinn Sigmundsson o.fl., 2005).

Samkvæmt svokallaðri „The Bruun Rule of erosion“ (Bruun, 1983) þá veldur sjávarborðshækkun a strandrofi s sem er jafnt og

$$s = la/h \quad (1)$$

þar sem h mesta dýpi sem flutningur efnis til og frá ströndinni nær niður á og l er fjarlægðin frá ströndinni þar til þessi dýpi er náð. Reglan byggist á þeirri forsendu að um sé að ræða lokað kerfi efnisflutninga á milli (1) strandarinnar og grynninga næst ströndinni og (2) sjávarbotnsins utar. Reglan byggist jafnframt á þeirri forsendu að dýptarsniðið frá ströndinni til sjávar út á dýpi h sé í jafnvægi og að summa efnisflutninga inn og út af því svæði sem reglunni er beitt á sé núll.

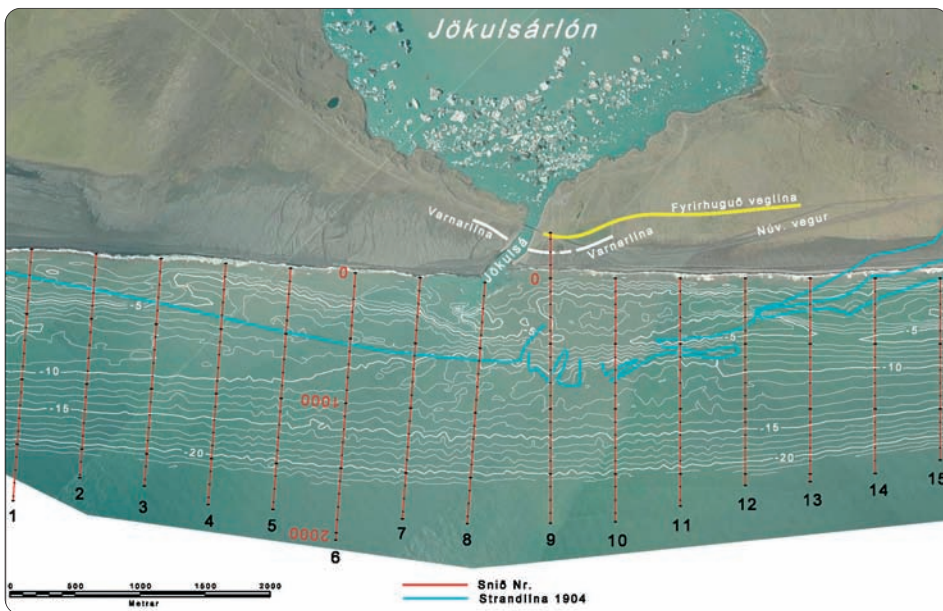
Áhrif af landrasi á ströndina ættu að vera þau sömu og ef um væri að ræða lækun á sjávarborði. Hér verður gert ráð fyrir því að hægt sé að nota jöfnu (1) til að meta áhrif af landrasi á strandrof á Breiðamerkursandi þó að strangt til tekið þá eigi „Bruun Rule of erosion“ ekki eins vel við tilfellið um lækandi sjávarstöðu eins og þegar um er að ræða hækkandi sjávarstöðu. Ef a er 40 mm/ári og $l = 700$ m ef $h = 10$ m og $l = 1200$ m ef $h = 15$ m þá fæst með innsetningu í jöfnu (1) að $s = 2,8$ – $3,2$ m/ári. Þetta þýðir að landris í nágrenni Vatnajökuls getur dregið úr hraða landbrottsins um sem nemur 3 m/ári árið 2050.

Strandvarnir

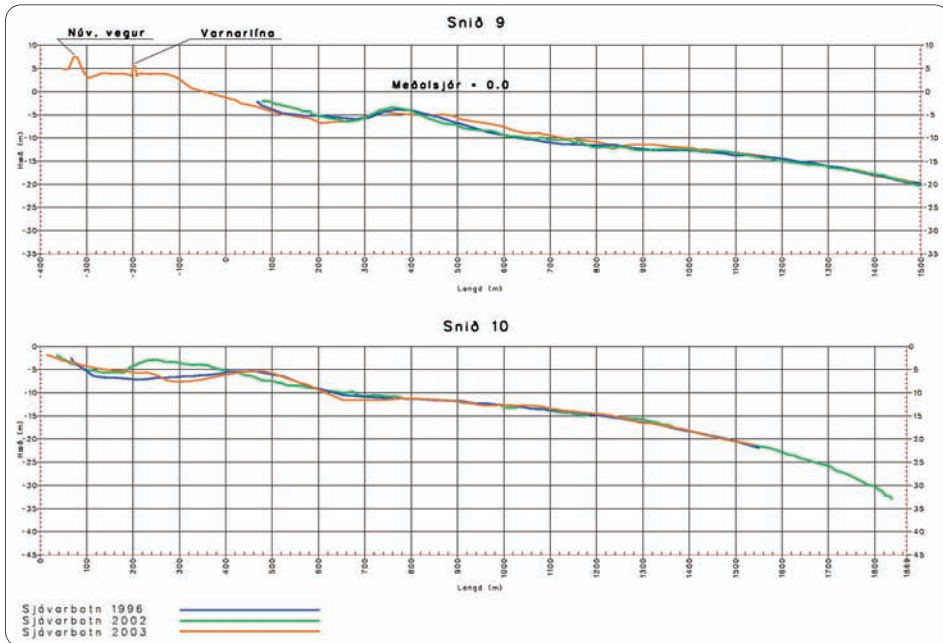
Vegagerðin hefur á undanförunum árum styrkt með grjóti farveg Jökulsár. Stærsta átakið var gert veturinn 2003 í kjölfar mikils rofs sem átti sér stað á bökkum og botni árinna í flóði haustið 2002. Búið er að verja árbakka Jökulsár frá lóninu þar til komið er u.þ.b. 300 m suður fyrir brúna. Þá hafa verið gerðir tveir grjótpörskuldar yfir farveg árinna, 100 m ofan og neðan brúarinnar, sem hafa það hlutverk að takmarka rof á árbotninum, draga úr innstreymi sjávar inn í lónið og auk þess kemur efri þörskuldurinn í veg fyrir að stórir jakar geti borist niður að brúnni.

Þegar árfarvegurinn var styrktur veturinn 2003 var þess gætt að þær aðgerðir nýttust sem fyrsti áfangi strandvarna ef sá kostur væri talinn fýsilegur. Teiknuð var ný veglína sem nýtir núverandi brú en samt eins fjarri sjónum og kostur er. Skilgreind var varnarlína fyrir þá veglínu en varnarlína er sú lína þar sem byggðar verða strandvarnir í framtíðinni ef sá kostur verður valinn (Gylfi Ísaksson, 1994). Veturinn 2003 var byggður varnargarður yfir lægð í landinu á 240 m löngum kafla í varnarlínunni austan Jökulsár. Grjótið í aðgerðirnar sem unnar voru árið 2003 var tekið úr grjótnámu við Breiðarlón og var þar um að ræða samtals 60.000 m³ af lausu grjóti og síuefni. Heildarkostnaður var 80 m.kr. Grjótnáman við Breiðarlón er í 12 km fjarlægð frá Jökulsá og vinnsluspáin fyrir grjótnámið er 54% > 0,2 tn, 44% > 0,5 tn, 37% > 1,0 tn, 20% > 5 tn and 7% > 20 tn. Mynd 4 sýnir núverandi veg/raflínu, fyrirhugaða veglínu/raflínu og umrædda varnarlínu.

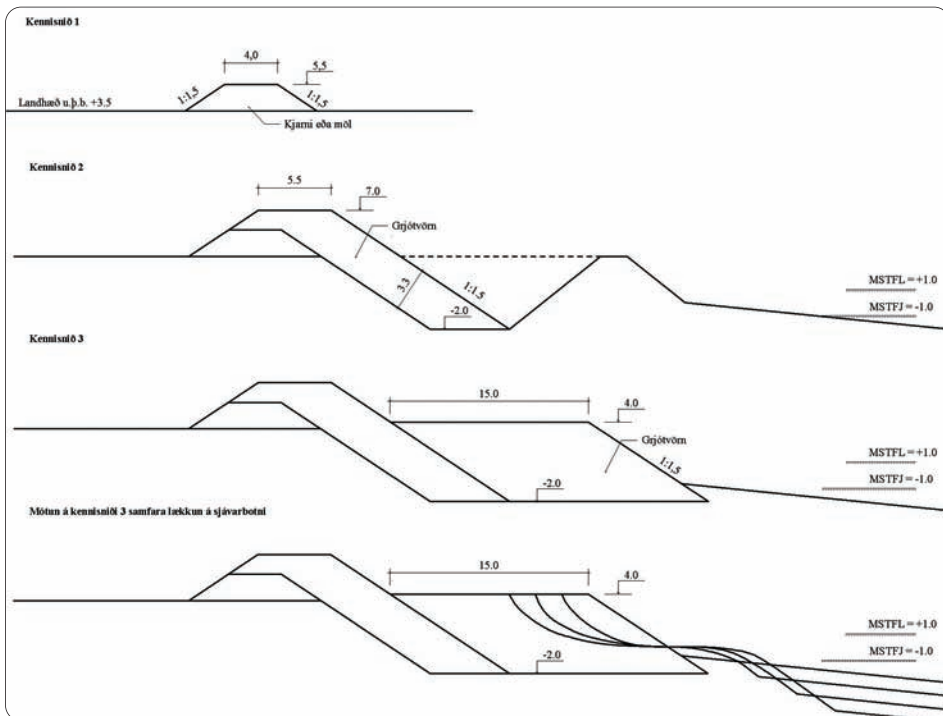
Sem liður í því að fylgjast með breytingum á svæðinu og til að meta hagkvæmni strandvarna þá var sjávarbotninn suður af Breiðamerkursandi dýptarmældur árin 1996, 2002 og 2003. Niðurstaðan frá 2003 er sýnd á mynd 6. Mynd 7 sýnir síðan hæðir sjávarbotnsins í sniðum 9 og 10 fyrir öll árin. Staðsetning varnarlínunnar og vegarins er einnig sýnd á mynd 7. Sjávarbotninn einkennist af grynningum sem eru u.þ.b. 400 m frá ströndinni, á um 5 m dýpi. Halli sjávarbotnsins á milli 5 og 10 m dýptarlínanna er 1:60. Síðan dregur úr hallanum og á milli 10 og 15 m dýptarlínanna er botnhallinn 1:100. Enn utar eykst síðan halli sjávarbotnsins í átt að Breiðamerkurdyfi. Árið 2003 var fjarlægðin í sniði 9 á milli varnarlínunnar og 0,0 m (meðalsjávarhæð) hæðarlínu á sjávarbotni 150 m og fjarlægðin frá varnarlínunni út í 5 m dýptarlínuna mældist 300 m.



Mynd 6. Sjávarbotn suður af Breiðamerkursandi, mæling frá 2003. Loftmyndin í bakgrunnum er frá 2003.



Mynd 7. Mældur sjávarbotn í sniðum 9 og 10. Staðsetning sniðanna er sýnd á mynd 6.



Mynd 8. Dæmigerð kennisnið fyrir strandvarnir í varnarlínu á Breiðamerkursandi.

Heildarlengd varnarlínunnar er 1000 m (350 m vestan við Jökulsá and 650 m austan við Jökulsá). Vörn árbakkanna nær síðan 100 m suður fyrir varnarlínuna eftir vestari árbakkanum og 150 m suður fyrir varnarlínuna eftir eystri árbakkanum. Dæmigerð kennisnið fyrir strandvarnir í varnarlínunni eru sýnd á mynd 8. Kennisnið 1 er byggt úr mól eða úrkasti úr grjótnámi. Strandvarnir skv. kennisniði 1 eru gerðar til að tryggja öryggi vegarins gagnvart upprennslu sjávar sem nær yfir fjörukambinn sem enn er til staðar framan við varnarlínuna. Strandvarnir skv. kennisniði 1 voru byggðar árið 2003 á 240 m löngum kafla í varnarlínunni austan árinna.

Strandvarnir skv. kennisniði 2 verða byggðar í varnarlínunni áður en fjörukamburinn/fjörubakkinn verður kominn að varnarlínunni. Hönnun sniðsins miðast við að það standist áraun öldunnar þegar hæðin á sjávarbotninum við fláafót grjótvagnarinnar er jöfn meðalsjávarhæð, þ.e. í kóta 0,0 m. Búið er að ljúka að hluta til strandvörn skv. kennisniði 2 fyrir syðstu 100 m varnarinnar á austurbakka Jökulsár. Til að ljúka strandvörnum skv. kennisniði 2 fyrir varnarlínuna og árbakkana sunnan varnarlínunnar þarf 70.000 m³ af grjóti og áætlaður kostnaður er 240 m.kr.

Strandvarnir skv. kennisniði 3 verða byggðar í varnarlínunni áður hæð sjávarbotns við varnarlínuna hefur lækkað niður fyrir meðalsjávarhæð. Hönnun sniðsins miðast við að það standist áraun öldunnar þegar hæðin á sjávarbotninum við fláafót grjótvagnarinnar er 5 m lægri en meðalsjávarhæð, þ.e. í kóta -5,0 m. Til að ljúka strandvörnum skv. kennisniði 3 fyrir varnarlínuna og árbakkana sunnan varnarlínunnar þarf 120.000 m³ af grjóti og áætlaður kostnaður er 400 m.kr.

Að auki er gert ráð fyrir að það þurfi 30.000 m³ af grjóti og úrkasti til að viðhalda farvegi árinna (bakkavörn og grjótpróskuldar) og að kostnaður vegna þessa sé 100 m.kr.

Hugmyndir að strandvörnum byggjast meðal annars á því að rofið nái einungis niður á 10 til 15 m dýpi. Til að kanna betur strandrofið næstu áratugina með og án strandvarna og eins hugsanlegt rof neðan við fyrirhugaðar strandvarnir, er stefnt að því að kanna efnisburð meðfram ströndinni síðustu áratugi. Í dag höfum við aðgengi bæði að öldugögnum og eins tækni til að framkvæma slíkt mat. Á grundvelli slíks mat verður síðan hægt að meta þróun strandarinnar næstu áratugi.

Niðurstaða

Áætlaður heildarkostnaður við strandvarnir á Breiðamerkursandi er 750 m.kr. og gert er ráð fyrir að þessar varnir muni duga í u.þ.b. 50 ár eða til ársins 2050. Ekki er innifalið í þessari tölu kostnaður við að breyta veglínunni austan við Jökulsá eða að byggja nýja tvíbreiða brú í stað núverandi brúar sem er einbreið. Gert er ráð fyrir að strandvarnirnar verði byggðar smám saman og að kostnaður verði nokkuð jafndreifður yfir umrætt 50 ára tímabil. Ef horft er lengra fram í tímann en 50 ár virðist góður möguleiki á því að strandvarnir geti orðið varanleg lausn á því vandamáli að tryggja vegasamband yfir Breiðamerkursand. Þessi niðurstaða byggist m.a. á þeirri forsendu að verulegt landris muni eiga sér stað á þessu svæði í framtíðinni vegna bráðnunar Vatnajökuls sem er afleiðing af hlýnandi loftslagi.

Strandvarnir virðast vera raunhæf lausn á því vandamáli að tryggja öryggi Hringvegarins á Breiðamerkursandi. Þetta er önnur niðurstaða en fyrsti höfundar þessarar greinar komst að fyrir rúmlega tíu árum (Jóhannesson, 1994 and 1995). Þar var ályktað að sá kostur væri vænlegastur að byggja nýjan veg yfir syðsta hluta Jökulsárlóns, u.þ.b. 400 m norðan núvarandi brúar. Það að strandvarnir eru raunhæfur valkostur byggist m.a. á eftirfarandi staðreyndum:

- Búið er að finna og opna góða grjótnámu í 12 km fjarlægð frá Jökulsá.
- Strandvarnir geta valdið auknu rofi handan við hið varða svæði. Þetta er ekki vandamál á Breiðamerkursandi því að engin mannvirki eru nálægt ströndinni austan og vestan við varða svæðið.
- Rofhraðinn á Breiðamerkursandi hefur farið minnkandi á undanförunum áratugum og búast má við að sú þróun haldi áfram vegna þess að land er að rísa á þessu svæði. Núverandi hraði á landrisinu er u.þ.b. 15 mm/ári og gert er ráð fyrir að land rísi um allt að 40 mm/ári árið 2050 ef Vatnajökull rýrnar eins og spár gera ráð fyrir vegna hlýnandi loftslags.

Heimildir

- [1] Björnsson, H., 1994. *Rate of glacier erosion and subglacier topography under the southern part of Vatnajökull Glacier, Iceland*. In G. Viggósson, ed. *Proceedings of The Hornafjörður International Coastal Symposium*, 317–318.
- [2] Björnsson, H., 1996. *Scales and rates of glacial sediment removal: a 20 km long and 300 m deep trench created beneath Breiðamerkurjökull during the Little Ice Age*. *Annals of Glaciology* 22, 141–146.
- [3] Boulton, G. S., Harris, P. W. V. and Jarvis, J., 1982. *Stratigraphy and structure of a coastal sediment wedge of glacial origin inferred from sparker measurements in glacial Lake Jökulsárlón in southeastern Iceland*. *Jökull* 32, 37–47.
- [4] Bruun, P., 1983. *Review of Conditions for Uses of the Bruun Rule of Erosion*. *Coastal Engineering* 7, 77–99.
- [5] Flosi Björnsson, 1993. *Samtíningur um Jökulsá á Breiðamerkursandi og Jökulsárlón*. *Eystrahorn* 11(3), 2 bls.
- [6] Helgi Björnsson, Finnur Pálsson og Magnús T. Guðmundsson, 1992. *Breiðamerkurjökull, niðurstöður íssjármælinga 1991*. Raunvísindastofnun Háskólans, R-92–12, 19 bls.
- [7] Helgi Jóhannesson, 1995. *Landbrot framan við brúna yfir Jökulsá Breiðamerkursandi*. Árbók VFÍ 1993/94 6, 311–319.
- [8] Ísaksson, G., 1994. *Coastal Zone Management in Iceland*. In G. Viggósson, ed. *Proceedings of The Hornafjörður International Coastal Symposium*, 579–587.
- [9] Jóhannesson, H., 1994. *Coastal erosion near the bridge across Jökulsá á Breiðamerkursandi in southeastern Iceland*. In G. Viggósson, ed. *Proceedings of The Hornafjörður International Coastal Symposium*, 405–414.
- [10] Jóhannesson, H. and Sigurðarson, S., 2005. *Coastal erosion and coastal protection near the bridge across Jökulsá river, Breiðamerkursandur, Iceland*. In G. Viggósson, ed. *Proceedings of The Second International Coastal Symposium in Iceland*.
- [11] Jóhannesson, T., Aðalgeirsdóttir, A., Björnsson, H., Bøggild, C. E., Elvehøy, H., Guðmundsson, S., Hock, R., Holmund, P., Jansson, P., Pálsson, F., Sigurðsson, O. and Þorsteinsson, Þ., 2004. *The impact of climate change on glaciers in the Nordic countries*. Report by the CWE glaciers group, 42 pp.
- [12] Pagli, C., Sturkell, E., Geirsson, H., Sigmundsson, F., Einarsson, P., Árnadóttir, Þ. and Pinel, V., 2005. *Modeling and observations of current glacio-isostatic crustal movements around Vatnajökull ice cap*. In G. Viggósson, ed. *Proceedings of The Second International Coastal Symposium in Iceland*.
- [13] Páll Imsland, 2000. *Váin á Breiðamerkursandi*. 60 bls..
- [14] Price, R. J., 1982. *Changes in the proglacial area of Breiðamerkurjökull, southeastern Iceland: 1890–1980*. *Jökull* 32, 29–35.
- [15] Sigmundsson, F., Pagli, C., Sturkell, E., Geirsson, H., Pinel, V. and Einarsson, P., 2005. *Forecasting future uplift and crustal response around Vatnajökull ice cap due to ice unloading*. In G. Viggósson, ed. *Proceedings of The Second International Coastal Symposium in Iceland*.
- [16] Skúli Víkingsson, 1991. *Suðurströnd Íslands. Breytingar á legu strandar samkvæmt kortum og loftmyndum*. Orkustofnun, OS-91042/VOD-07 B, 7 s.
- [17] Þórarinnsson, S., 1943. *Oscillations of Icelandic glaciers in the last 250 years*. *Geografiska Annaler* 25, 1–54.