



ORKUSTOFNUN

Vatnamælingar

Grímsvatnahlaupið fyrra 1996

**Svanur Pálsson
Snorri Zóphóniasson
Hrefna Kristmannsdóttir
Páll Jónsson**

Unnið fyrir Vegagerðina

1999

OS-99115



ORKUSTOFNUN
Vatnamælingar

Skýrsla
OS-99115
Verknr. 546797

**Svanur Pálsson, Snorri Zóphóníasson,
Hrefna Kristmannsdóttir og Páll Jónsson**

Grímsvatnahlaupið fyrra 1996

Unnið fyrir Vegagerðina

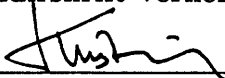
OS-99115

Desember 1999

ISBN 9979-68-045-8

ORKUSTOFNUN: Kennitala 500269-5379 - Sími 569 6000 - Fax 568 8896
Netfang Vatnamælinga vm@os.is - Heimastíða <http://www.os.is/vatnam>



Skýrsla nr: OS-99115	Dags: Desember 1999	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Grímsvatnahlaupið fyrra 1996	Upplag: 30	
	Fjöldi síðna: 26	
Höfundar: Svanur Pálsson, Snorri Zóphóníasson, Hrefna Kristmannsdóttir og Páll Jónsson	Verkefnisstjóri: Kristinn Einarsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Samantekt um rennsli, svifaur og efnainnihald	Verknúmer: 546797	
Unnið fyrir: Vegagerðina		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Hlaupvatn var komið í Skeiðará 23. mars 1996, en rennslið var í hámarki 6. apríl og minnk- aði síðan ört. Hlaupvatn kom einnig í Sæluhúskvísl, en ekki í aðrar ár. Hámarksrennsli í Skeiðará mældist tæplega 3000 m ³ /s og heildarrúmmál tæpur 1,1 km ³ . Samkvæmt lykli vísindamanna á Raunvísindastofnun yfir vatnsmagn í Grímsvötnum hefðu 1,15 km ³ af vatni átt að renna undan jöklinum. Hámarksrennslið var nærri 50% meira en í hlaup- unum 1982, 1986 og 1991, en heildarrúmmálið var heldur minna en í þeim hlaupum. Heildarframburður í hlaupinu reiknast um 10 milljónir tonna. Það er svipaður eða heldur meiri framburður en í hlaupinu 1986. Efnastyrkur var frekar hár í þessu hlaupi, komst hæst í 404 mg/l. Efnasamsetning uppleystra efna var lík og í fyrri hlaupum að öðru leyti en því, að í því mældist örlítið af brennisteinsvetni í sýnum teknum við brúna, en það er ekki venjulegt nema í sýnum frá upptökum árinna.		
Lykilorð: Grímsvötn, Skeiðará, aurburður, dýptarsnið, efnastyrkur, efnasamsetning, hlaup, rennsli, svifaur	ISBN-númer: 9979-68-045-8	
	Undirskrift verkefnisstjóra: 	
	Yfirfarið af: KE, ÁSn, OSig	

Ágrip

Fyrstu einkennum þess, að hlaupvatn væri komið í Skeiðará, greindust 23. mars 1996, en rennslið var í hámarki 6. apríl. Síðan minnkaði ört í ánni 7. og 8. apríl, en þá fór að rigna og bættist þá það mikið regn- og leysingarvatn í ána, að ekki var hægt að mæla minnkun hlaupvatnsins frekar. Hlaupvatn kom einnig í Sæluhúskvísl, en ekki í aðrar ár.

Hámarksrennsli í Skeiðará mældist tæplega $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ og heildarúmmál tæpur $1,1 \text{ km}^3$. Hámarksrennslið var nærri 50% meira en í hlaupunum 1982, 1986 og 1991, en heildarúmmálið var heldur minna en í þeim hlaupum.

Samkvæmt lykli vísindamanna á Raunvísindastofnun yfir vatnsmagn í Grímsvötnum miðað við hæð íshellunnar áttu $1,1 \text{ km}^3$ vatns að hafa runnið frá Grímsvötnum, en við það er bætt $0,05 \text{ km}^3$ vegna bráðnunar íss við útvíkkun ganganna. Samkvæmt því hefðu $1,15 \text{ km}^3$ af vatni átt að renna undan jöklinum. Munurinn á niðurstöðum þessara tveggja aðferða er innan allrar mælinákvæmni.

Heildaraurstyrkur var nálægt meðallagi fyrir aurstyrk í Skeiðarárhlaupum, nema í einu sýni, sem tekið var daginn eftir, að rennsli var í hámarki, en þá var styrkurinn hærri en mælst hefur í Skeiðarárhlaupum síðan í afbrigðilega aurtoppnum í hlaupinu 1972.

Heildarframburður í hlaupinu reiknast um 10 milljónir tonna. Þá er átt við framburð í Skeiðará dagana 23. mars til 11. apríl. Það er svipaður eða heldur meiri framburður en í hlaupinu 1986.

Efnastyrkur var frekar hár í þessu hlaupi. Heildarefnastyrkur komst hæst í 404 mg/l í sýninu, sem hæsti aurstyrkurinn mældist í, daginn eftir að rennslið var í hámarki.

Efnasamsetning uppleystra efna var lík og í fyrri hlaupum að öðru leyti en því, að í því mældist örlítið af brennisteinsvetni í sýnum teknum við brúna, en það er ekki venjulegt nema í sýnum frá upptökum árinna.

Efnisyfirlit

Ágrip	2
1 Inngangur	5
2 Rennsli	6
2.1 Rennslismælingar	6
2.2 Dýptarmælingar undir Skeiðarárbrú	8
3 Svifaur og efnastyrkur	12
3.1 Sýnataka og flokkun svifaurs í kornastærðarflokka	12
3.2 Styrkur svifaurs í hlaupinu	12
3.3 Heildarframburður svifaurs í hlaupinu	14
3.4 Kornastærð svifaursins	15
3.5 Efnastyrkur	19
4 Efnasamsetning hlaupvatns	21
5 Niðurstöður	25
6 Heimildir	26

Töfluskrá

1	Skeiðarárhlaup eftir að Skeiðará var brúuð 1974	8
2	Svifaur og efnastyrkur í Skeiðará í hlaupinu í mars-apríl 1996	13
3	Svifaur og efnastyrkur í Sæluhúskvísl í hlaupinu í mars-apríl 1996	13
4	Efnastyrkur í hlaupinu í mars-apríl 1996	21
5	Efnastyrkur í Skeiðarárhlaupum	22

Myndaskrá

1	Spáferill og mældur rennslisferill Skeiðarárhlaupsins í mars-apríl 1996	6
2	Rennslis- og safnferlar Skeiðarárhlaupsins í mars-apríl 1996	7
3	Botnsnið Skeiðarár 5. apríl 1996 kl. 08:20	9
4	Botnsnið Skeiðarár 6. apríl 1996 kl. 08:12	9
5	Botnsnið Skeiðarár 6. apríl 1996 kl. 17:25	10
6	Botnsnið Skeiðarár 7. apríl 1996 kl. 09:15	10
7	Botnsnið Skeiðarár 8. apríl 1996 kl. 09:00	11
8	Botnsnið Skeiðarár 9. apríl 1996 kl. 09:41	11
9	Styrkur svifaurs í Skeiðarárhlaupinu í mars-apríl 1996	14
10	Heildarframburður svifaurs í 7 Skeiðarárhlaupum, milljónir tonna	15
11	Styrkur mélu (0,002–0,02 mm) í Skeiðarárhlaupum, S1- og S2-sýni	16
12	Styrkur mós (0,02-0,2 mm) í Skeiðarárhlaupum, S1- og S2-sýni	17
13	Hlutfallið mór/méla í svifaur í Skeiðará í hlaupinu í mars-apríl 1996	18
14	Efnastyrkur í Skeiðará skömmu fyrir og í hlaupinu	19
15	Styrkur nokkurra helstu uppleystra efna í sýnum af hlaupvatni ásamt leiðni	24

1 Inngangur

Orkustofnun hefur fylgst nokkuð reglulega með ánum á Skeiðarársandi, einkum Skeiðará og Gígjukvísl, síðan þær voru brúaðar á árunum 1973-74. Rennsli hefur verið mælt eða áætlað og sýni tekin til mælinga á aur- og efnastyrk að jafnaði u. þ. b. mánaðarlega, en tíðar í hlaupum og daglega nærri hámarki hlaupanna (*Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1996*). Um langt árabil hafa Jöklarannsóknafélag Íslands og Raunvísindastofnun Háskólans fylgst með vatnshæð Grímsvatna, en reynslan hefur sýnt, að eftir að vatnsborðið hefur náð tiltekinni hæð, má eiga von á hlaupi á næstu mánuðum þar á eftir.

Grímsvatnahlaup eru hvert með sínu móti, þó að heildarvatnsmagn hafi verið svipað í flestum hlaupum eftir 1976, t. d. koma fram mismunandi einkenni í svifaur, sjá *Svanur Pálsson o. fl. 1992*.

Vegna hlaupsins mikla í nóvember 1996 má segja, að með hlaupinu, sem hér er fjallað um, ljúki nærri sextíu ára löngum kafla í sögu Grímsvatnahlaupa, sem hófst eftir hlaupið 1938. Fyrst eftir það hlaup voru hlaupin lítil, en tíð. Síðan lengdist tíminn á milli hlaupa, og þau komu nokkuð reglulega u. þ. b. tvisvar á áratug, en fóru heldur minnkandi. Í nokkra áratugi fyrir hlaupið 1938 komu hlaupin aftur á móti að jafnaði einu sinni á áratug og voru stærri en síðar varð. Af því, sem hefur verið að gerast eftir stóra hlaupið í nóvember 1996, má ætla, að sagan frá því eftir hlaupið 1938 ætli að endurtaka sig, og verður forvitnilegt að fylgjast með því, hvernig tíðni og stærð Grímsvatnahlaupa verður háttáð á næstu áratugum.

Í þessari skýrslu er greint frá rennsli í hlaupinu í mars–apríl 1996, mælingum á vatnsdýpi undir Skeiðarárbrú, svifaur, efnastyrk og efnagreiningum á uppleystum efnunum.

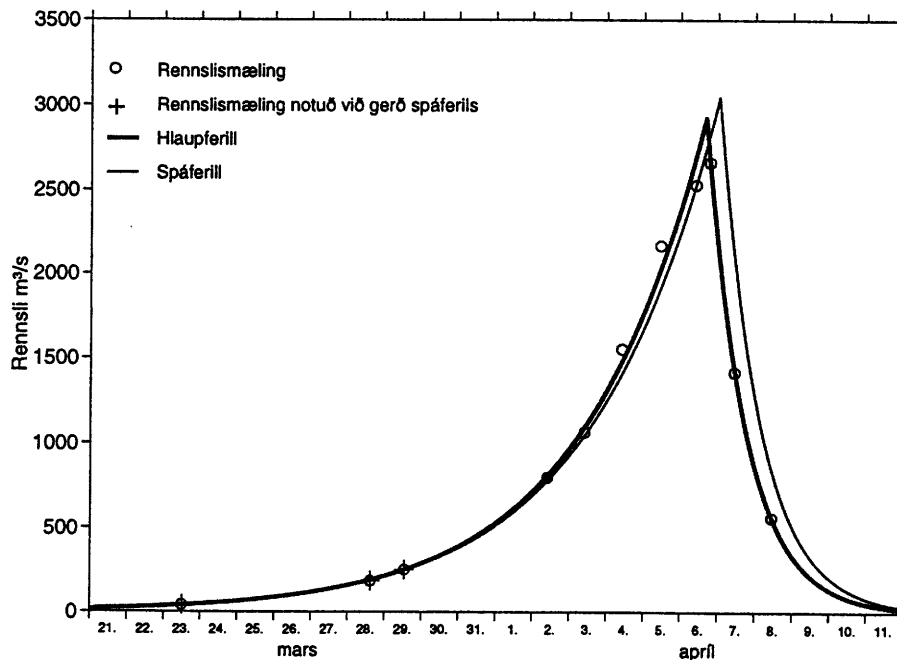
Að mælingum á hlaupinu og sýnatöku komu allmargir, en þeir, sem mest komu að þeim verkum voru Snorri Zóphóníasson, Sverrir Hákonarson, Árni Snorrason, Páll Jónsson og Sigfinnur Snorrason. Svanur Pálsson mældi svifaur og efnastyrk. Efnagreingarnar annaðist Kristján H. Sigurðsson ásamt öðrum starfsmönnum efnarannsóknastofnu Orkustofnunar.

Höfundar skiptu þannig með sér verkum, að Svanur skrifaði um svifaur og efnastyrk og tók saman inngang og niðurstöðukafla. Snorri skrifaði um rennsli og mælingar á dýpi undir Skeiðarárbrú, Hrefna um efnagreiningar og Páll gerði rennslisferlana.

2 Rennsli

2.1 Rennslismælingar

Skeiðarárhlaupi lauk í nóvember 1991 og hófst þá hækkun á vatnsborði Grímsvatna að nýju. Um áramót 1995/96 lét Magnús Tumi Guðmundsson þá skoðun í ljós, að hlaup yrði innan nokkurra mánaða. Vatnsborð Grímsvatna væri komið í þá hæð, u. þ. b. 1450 m y. s., að jökullinn myndi brátt undan láta. Hefðbundnar mánaðarlegar rennslismælingar og sýnataka fór fram, og þann 23. mars mældu vatnamælingamenn rúmlega 40 m³/s rennsli í ánni. Heldur þótti það riflegt miðað við árstíma og veðurfar. Engin lykt var af ánni, en litur og yfirbragð var hlauplegt. Greining á sýni, sem tekið var í lok mælingarinnar, gaf ótvírætt jákvætt svar um, að hlaup væri hafið. Vatnamælingamenn fóru heim, en héldu uppi fyrirspurnum til Stefáns Benediktssonar, þjóðgarðsvarðar, um rennsli árinna. Rennsli jókst og þann 28. mars voru vatnamælingamenn komnir aftur og mældu rennsli þann 28. og 29. mars (sbr. feril).

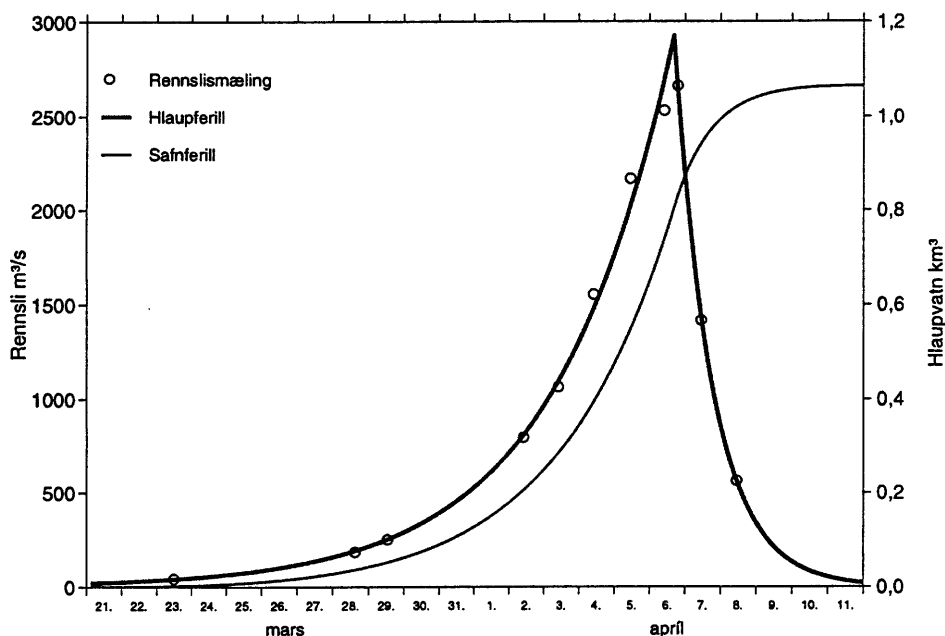


Mynd 1: Spáferill og mældur rennslisferill Skeiðarárhlaupsins í mars–apríl 1996.

Búið var til spálíkan reiknað eftir þessum þremur fyrstu mælingum, þar sem miðað var við, að rennsli ykist með vísifalli (exponential), þar sem tvöföldunartími þess reiknaðist 56 klst. Reynsla úr fyrri hlaupum, 1976, 1986 og 1991, var síðan notuð til að meta, hversu hratt hlaupið myndi minnka, og var notast við 18 klst. helmingunartíma. Vísindamenn á Raunvísindastofnun, sem fylgjast með vatnsborði Grímsvatna, töldu, að búast mætti við, að um 1,3 km³ hlypu úr Grímvötum. Samkvæmt þessum forsendum átti hámark hlaupsins að verða aðfaranótt 7. apríl. Með þessa spá til grundvallar voru frekari mælingar á hlaupinu skipulagðar. Þann 2. apríl hófust daglegar mælingar á rennsli Skeiðarár. Áin var mæld fyrir hádegi þann 6. apríl og aftur um kvöldið, vegna þess að menn þóttust sjá, að hún væri að byrja að slá af. Síðan minnkaði ört í ánni 7. og 8. apríl, en þá byrjaði að rigna og bættist svo mikið regn- og leysingavatn í ána, að ekki var hægt að mæla minnkun hlaupvatnsins frekar.

Í þeim rennslismæligögnum, sem til eru frá Skeiðarárhlaupum, hafa mælingarnar aldrei áður vikið svo lítið frá fræðilega skilgreindum vísiferli. Spáferill og mældur ferill falla nær því saman. Mæliaðferðir höfðu að vísu verið þróaðar lítilsháttar, en einnig auðveldar það málið, að grunnrennslið var lágt og breyttist lítið þar til undir lok hlaupsins.

Vísindamenn á Raunvísindastofnun hafa útbúið lykil yfir vatnsmagn í Grímsvötnum út frá hæð íshellunnar (*Helgi Björnsson 1997*). Samkvæmt honum áttu í upphafi hlaups, þegar yfirborð íshellunnar var í 1454 m y.s., að hafa verið 1,5 km³ í vötnunum. Í lok hlaups var yfirborð hellunnar í 1379 m y.s. og samvæmt lykli hafa þá verið 0,4 km³ eftir. Þarna munar 1,1 km³ vatns. Síðan bæta þeir 0,05 km³ við fyrir bráðnun íss við vötnun ganganna. Samkvæmt því hefðu átt að mælast að 1,15 km³ af vatni rynnu frá jöklinum. Munurinn á niðurstöðum þessara tveggja aðferða er innan allrar mælinákvæmni.



Mynd 2: Rennslis- og safnferlar Skeiðarárhlaupsins í mars-apríl 1996.

Mynd 1 sýnir niðurstöður spálfkansins fyrir hlaupið vorið 1996 ásamt mældum rennslisferli hlaupsins og rennslismælingum og er samræmið milli þessara ferla mjög gott. Af myndinni sést, að ferlarnir eru mjög oddhvassir í toppinn, en það er vegna þess, að í stærðfræðilíkaninu eru tveir vísiferlar látnir mætast í toppinum. Þessu er ekki þannig farið í náttúrunni, heldur er toppurinn nokkru flatari samkvæmt reynslu Vatnamælinga af fyrri hlaupum. Talið er hæfilegt að lækka toppinn á stærðfræðilíkaninu um 10% til þess að fara nokkuð nærri raunverulegu hámarksrennsli samkvæmt mælingum Vatnamælinga á fyrri hlaupum. Samkvæmt því hefur hæsta rennslismælingin verið gerð mjög nálægt hámarksrennsli hlaupsins, en það er í góðu samræmi við það, sem menn töldu, þegar mælingin fór fram.

Mynd 2 sýnir rennslismælingar, mældan rennslisferil og safnferil hlaupsins. Við gerð safnferilsins er grunnrennsli Skeiðarár sleppt, en gert ráð fyrir, að það, sem umfram er, hafi verið hlaupvatn. Reiknað er með, að grunnrennslið hafi verið 20 m³/s.

Þetta hlaup vorið 1996 úr Grímsvötnum var svipað og önnur hlaup frá því eftir 1954 og því lítið. Hlaupvatnið jókst heldur hraðar en oft áður í hlaupum frá þessum tíma, en rúmmál þess var með minnsta móti. Mælt hámarksrennsli hlaupsins var tæplega 3000 m³/s og mælt rúmmál tæpur 1,1 km³. Það tók hlaupið um sextán og hálfan sólarhring að ná hámarki, sem samsvarar því, að rennslið tvöfaldist á hverjum 55 klst., en í spálíkaninu var gert ráð fyrir, að rennslið tvöfaldaðist á 56 klst., eins og getið er um hér framar.

Tafla 1: Skeiðarárhlaup eftir að Skeiðará var brúuð 1974.

Ár	Heildar- rennsli km ³	Hlauptoppur		Vatnsföll, sem hlaupið kom í	% af hlaupinu 1976	Vatnshæð í Gríms- vötum m y. s.	
		m ³ /s	Dagsetning			fyrir	eftir
1976	2,0	4100	1976.09.22	Skeiðará + Gígjukvísl	100	1440	1350
1982	1,3	2020	1982.02.12	Skeiðará + Gígjukvísl	65	1447	1388
1983	0,55	600	1983.12.14	Skeiðará + Gígjukvísl	28	1412	1370
1986	1,2	2030	1986.09.07	Skeiðará	60	1430	1350
1991	1,5	2050	1991.11.21	Skeiðará	75	1450	1370
1996	1,1	2700	1996.04.06	Skeiðará	55	1455	1380

Í töflu 1 eru upplýsingar um rennsli í þeim sex Grímsvatnahlaupum, sem komið hafa, eftir að árnar á Skeiðarársandi voru brúaðar á árunum 1973–74, en brýrnar hafa skapað möguleika til þess að mæla rennsli í hlaupum með viðunandi nákvæmni. Hæð íshellunnar í Grímsvötum er sótt í grein Helga Björnssonar í skýrslu Vegagerðarinnar um gos og hlaup í Vatnajökli 1996, sem kom út 1997. Þess ber að geta, að rennslið í hlaupinu 1976 hefur verið endurreiknað, og leiddi það til umtalsverðrar lækkunar.

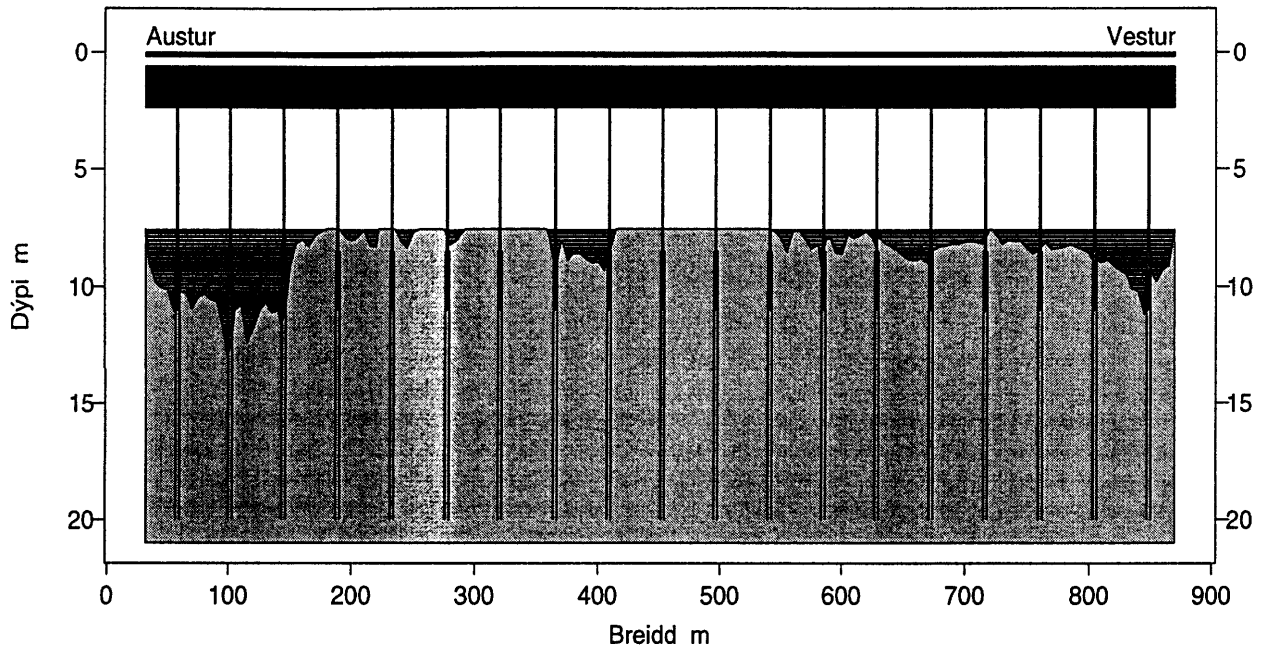
2.2 Dýptarmælingar undir Skeiðarárbrú

Myndir 3–8 sýna sex dýptarsnið undir brúnni í hlaupinu. Ásgeir Sigurðsson gerði forrit, sem notað var til þess að teikna myndirnar. Mælingarnar voru fleiri, en valin voru þau snið, sem sýna helstu breytingar. Eins og sjá má á myndunum, er gífurlegur efnisflutningur undir brúnni. Vatninu er beint að brúnni með gördum, og er hún þrengsta sniðið í farveginum. Botn álanna undir brúnni nær þá lengra niður en landið fyrir neðan brú vegna straumbungans. Þegar straumhraði fellur í rénun hlaups, fyllast álarnir aftur af mól. Endanlegt botnsnið á farveginum undir brúnni ræðst því nokkuð af hæð og formi auranna fyrir neðan. Vegna þess að brúin er þrengsta sniðið í farveginum, safnast mölin á landið fyrir neðan brú, þar sem farvegurinn víkkar, og hækkar það. Þetta veitir fyrirstöðu og leitar vatnið út fyrir þessa fyrirstöðu til beggja átta. Afleiðingin verður síðan sú, að áin liggur í álum austast og vestast. Álag verður því mikið á þá stöpla, sem þar eru.

Tuttugu metrar eru frá brún brúarhandriðsins niður að neðsta hluta brúarstöpla. Við austustu brúarstöplana grefst mest. Vegagerðin setti það mark, að ef minna en fimm metrar af stöpli væru á kafi í mól, þá yrði brúnni lokað. Það var meðal annars hlutverk Vatnamælinga að lóða dýpi á botninn í kringum stöplana a. m. k. einu sinni á dag. Til lokunar kom ekki, þar sem dýpi frá handriði varð aldrei meira en um 13 m.

Skeiðará 1996.04.05 kl.08:20

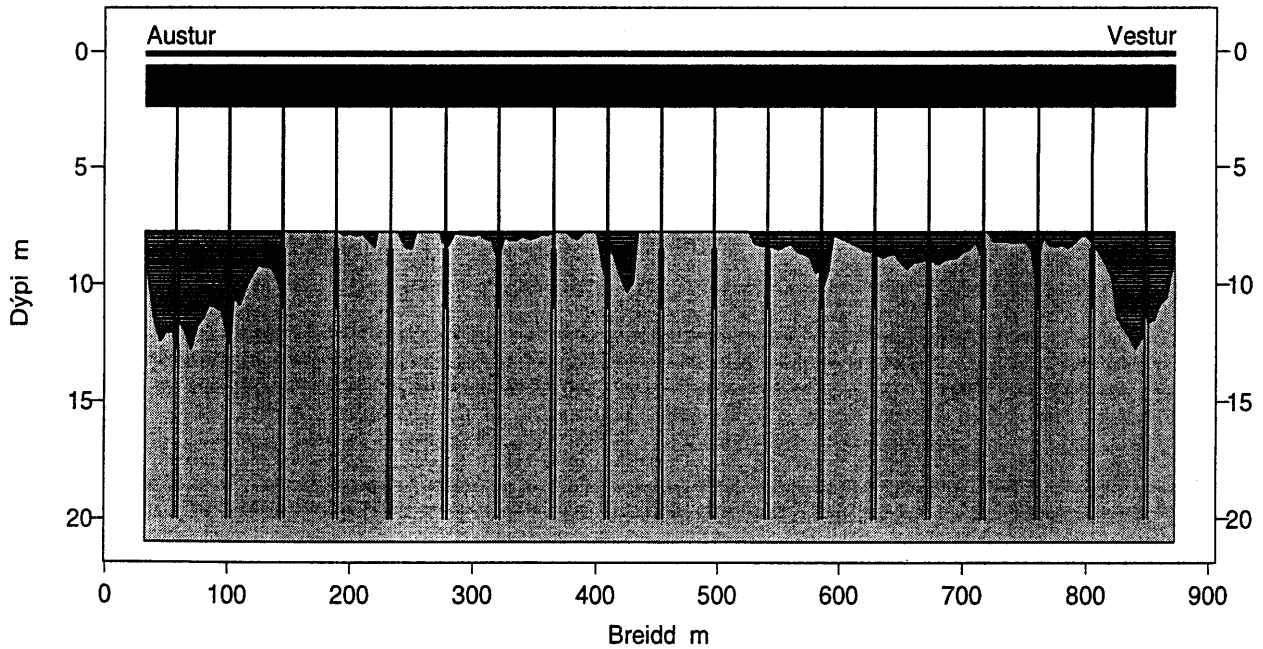
Botnsnið degi fyrir hámark hlaups í apríl 1996. Rennsli 2100 m³/s



Mynd 3: Botnsnið Skeiðarár 5. apríl 1996 kl. 08:20.

Skeiðará 1996.04.06 kl.08:12

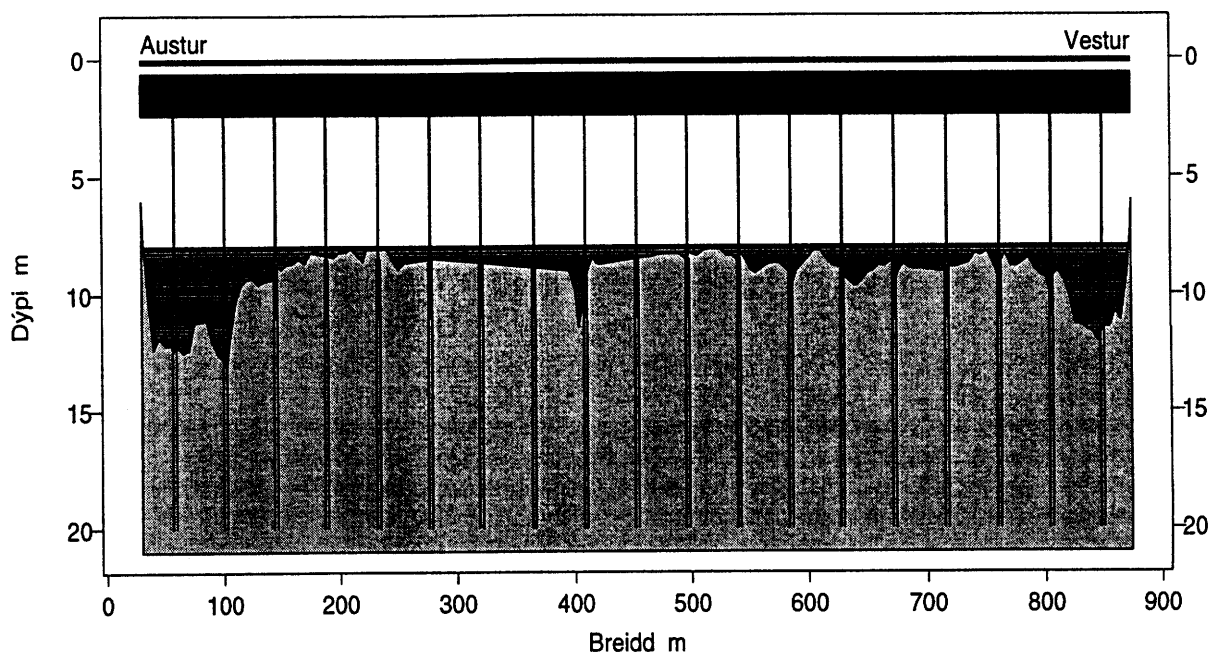
Botnsnið nærri hámarki hlaups í apríl 1996. Rennsli 2500 m³/s



Mynd 4: Botnsnið Skeiðarár 6. apríl 1996 kl. 08:12.

Skeiðará 1996.04.06 kl.17:25.

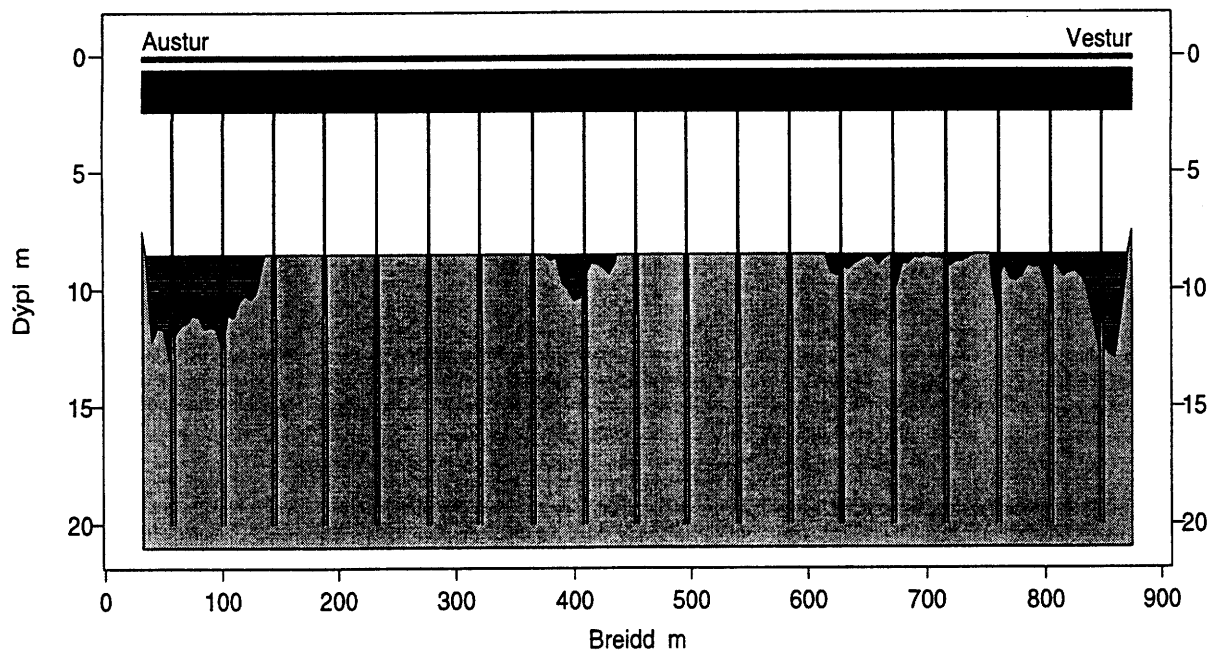
Botnsnið mælt nærri hámarki hlaups í apríl 1996. Rennsli 2700 m³/s



Mynd 5: Botnsnið Skeiðarár 6. apríl 1996 kl. 17:25.

Skeiðará 1996.04.07 kl.09:15

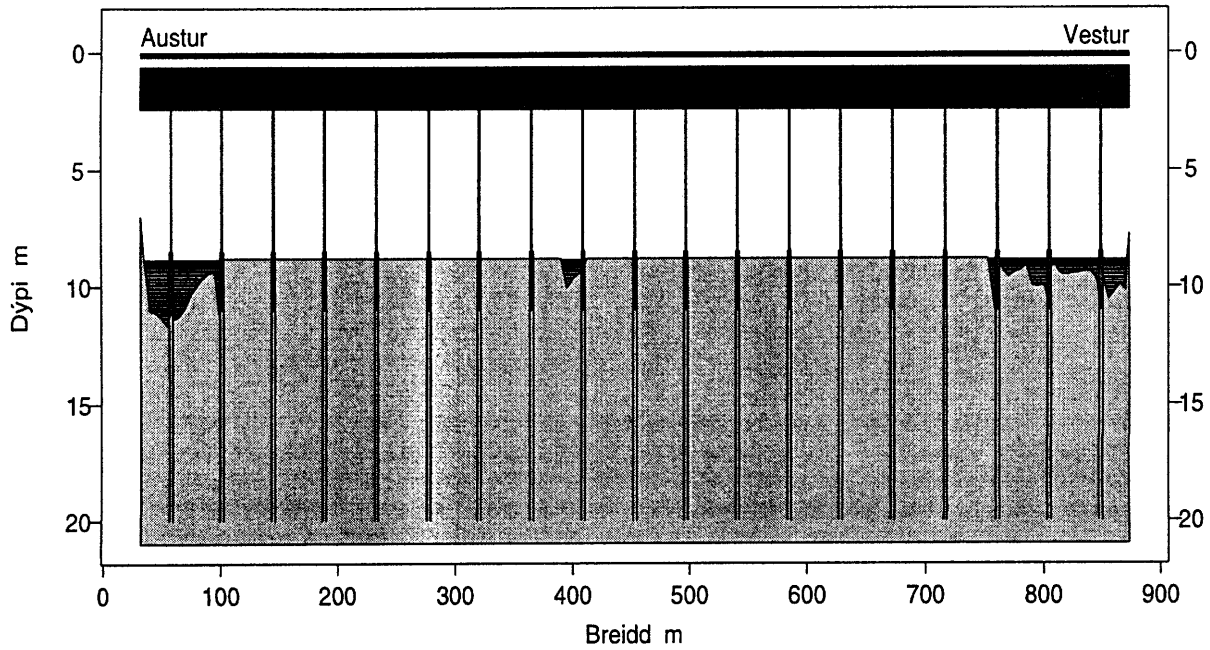
Botnsnið mælt degi eftir hámark hlaups í apríl 1996. Rennsli 1380 m³/s



Mynd 6: Botnsnið Skeiðarár 7. apríl 1996 kl. 09:15.

Skeiðará 1996.04.08 kl.09:00

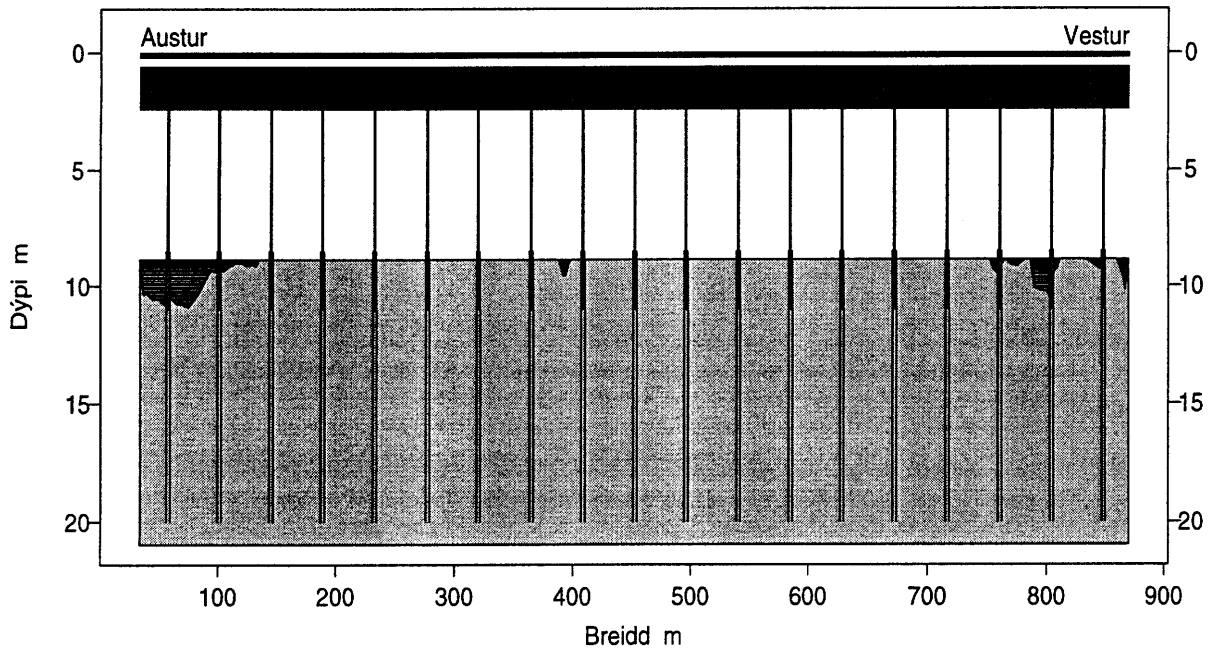
Botnsnið mælt 2 d. eftir hámark hlaups í apríl 1996. Rennslí 550 m³/s



Mynd 7: Botnsnið Skeiðarár 8. apríl 1996 kl. 09:00.

Skeiðará 1996.04.09 kl.09:41

Botnsnið mælt 3 d. eftir hámark hlaups í apríl 1996. Rennslí 281 m³/s



Mynd 8: Botnsnið Skeiðarár 9. apríl 1996 kl. 09:41.

3 Svifaur og efnastyrkur

3.1 Sýnataka og flokkun svifaurs í kornastærðarflokka

Til þess að auðvelda lesandanum að átta sig á umfjölluninni um svifaur hér á eftir er hér stutt yfirlit yfir sýnatöku og tegundir sýna. Ennfremur er greint frá flokkun aursins eftir kornastærð.

Sýni til svifaursmælinga eru yfirleitt tekin með sýnataka af bandarískri gerð, S-49, sem hafður er í spili á bíl á brú. Hvert sýni er venjulega tekið á 3–5 stöðum á þversniði vatnsfalls. Þessi sýni eru nefnd S1-sýni, en S2-sýni eru frábrugðin þeim að því leyti, að þau eru aðeins tekin á einum eða tveimur stöðum á þversniðinu. Á S1- og S2-sýnum þarf ekki að vera mikill gæðamunur. Úr Skeiðarárhlaupinu 1996 voru aðeins tekin S1-sýni.

Stundum verður ekki hjá því komist að taka sýnið uppi við land, og er þá reynt að velja tókustað, þar sem aurinn virðist vera vel upphræður. Í þeim tilfellum er notaður miklu minni sýnataki, DH-48, sem festur er á grannt rör og dýft í ána með höndunum. Þau sýni eru kölluð S3-sýni, og gefa þau ófullkomnari mynd af framburði árinna en hin, þar sem í S3-sýnunum er yfirleitt minna af grófum aur en í S1-sýnunum, jafnvel verulega minna.

Í gagnasafni Orkustofnunar er kornastærðarferli hvers sýnis skipt í fjóra kornastærðarflokka með hliðsjón af kornastærðarkvarða Atterbergs. Skiptingin er unnin þannig, að kornastærðarferillinn er mældur og skipt í fjóra flokka eftir hundraðshlutum, og látið standa á heilum tölum, enda leyfir ferillinn varla meiri nákvæmni. Þær tölur eru prentaðar í dálkunum fjórum, sem bera yfirskriftina "Kornastærð %", í töflum 1 og 2 hér á eftir. Tölurnar í hinum dálkunum fjórum, sem bera yfirskriftina "Kornastærð mg/l", í sömu töflum, eru reiknaðar út frá hundraðshlutunum.

Heiti og stærðarmörk kornastærðarflokkanna eru þessi:

Sandur	kornþvermál	>0,2	mm
Mór	"	0,02–0,2	"
Méla	"	0,002–0,02	"
Leir	"	<0,002	"

Sandur og mór (>0,02 mm) er nefndur grófur svifaur, en méla og leir (<0,02 mm) fínn. Þess vegna eru meðaltöl þessara kornastærðarflokka lögð saman í neðstu línunni í töflunum.

Grófi aurinn er miklu viðkvæmari fyrir mismunandi sýnatökuaðferðum og aðstæðum á sýnatökustað en sá fíni. Grófi aurinn berst sem botnskrið á einum stað í ánni, en sem svifaur á öðrum.

3.2 Styrkur svifaurs í hlaupinu

Í hlaupinu voru tekin 13 sýni úr Skeiðará til mælinga á svifaur. Þau voru öll tekin við Skeiðarárbrú. Niðurstöður mælinga á aurinnihaldi þeirra og efnastyrk (heildarstyrk

uppleystra efna) eru í töflu 2. Eftirtektarvert er, að hæsti aurstyrkurinn mældist í sýni, sem tekið var 7. apríl, daginn eftir að rennslið var í hámarki. Aurstyrkurinn mældist meira en 40% hærri en í sýni, sem tekið var nærri hámarki rennslis. Munurinn liggur í aur af mól- og mólukornastærð, en ekki í sandi, svo að ekki getur verið um ágalla í sýnatöku að ræða, enda var eftir því tekið, að áin var þá enn dekkri og aurugri en áður. Þetta er hæsti aurstyrkur, sem mælst hefur í Skeiðará síðan í hlaupinu 1972, en þá mældist miklu hærri aurstyrkur um 2 1/2 sólarhring eftir að rennslið fór að minnka. Hæsti efnastyrkurinn í hlaupinu mældist líka í sýninu frá 7. apríl, en sá munur er nærri skekkjumörkum. Æskilegt hefði verið, að fleiri sýni hefðu verið tekin þennan dag.

Úr Sæluhúskvísl voru tekin 5 sýni í hlaupinu og eru mæliniðurstöður þeirra í töflu 3. Aur- og efnastyrkur var yfirleitt svipaður og í samtímasýnum úr Skeiðará. Engin sýni voru tekin, þegar rennsli eða aurstyrkur í Skeiðará voru í hámarki.

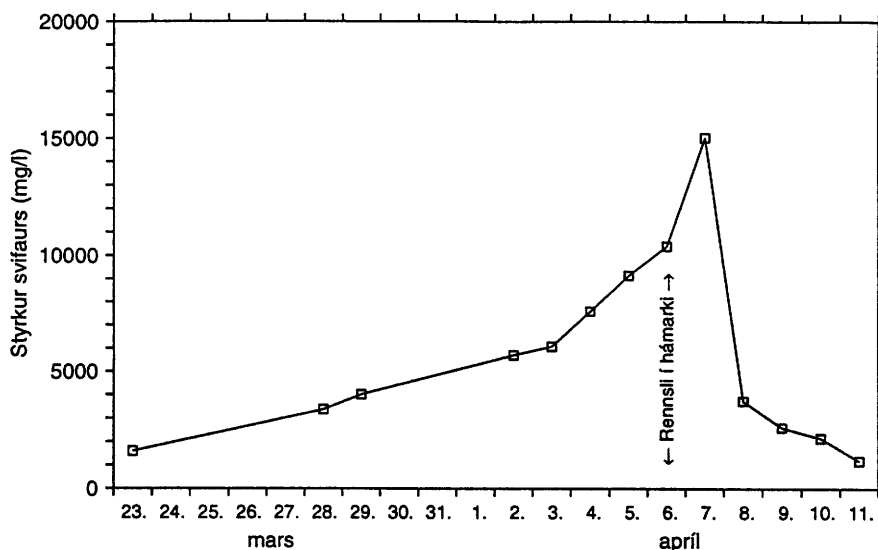
Tafla 2: Svifaur og efnastyrkur í Skeiðará í hlaupinu í mars-apríl 1996.

Tekið Dagur	kl.	Rennsli m ³ /s	Svifaur		Efna- styrkur mg/l	Kornastærð mg/l				Kornastærð %				Stærstu korn mm	Töku- aðferð Ø mm
			mg/l	kg/s		Leir	Méla	Mór	Sandur	Leir	Méla	Mór	Sandur		
96.03.23	09:22	41,0	1599	66	330	48	959	544	48	3	60	34	3	1,3	S1 6,0
96.03.28	16:12	190	3369	640	356	101	1651	1213	404	3	49	36	12	1,9	S1 6,0
96.03.29	11:50	250	4008	1002	360	120	1924	1563	401	3	48	39	10	2,2	S1 6,0
96.04.02	16:00	880	5703	5019	390	114	2224	2680	684	2	39	47	12	2,0	S1 2,0
96.04.03	16:00	1200	6072	7286	381	182	2247	3036	607	3	37	50	10	1,4	S1 2,0
96.04.04	16:50	1650	7583	12512	391	152	2275	4095	1062	2	30	54	14	1,8	S1 2,0
96.04.05	17:05	2200	9137	20101	395	274	2467	5117	1279	3	27	56	14	1,4	S1 2,0
96.04.06	16:00	2900	10404	30172	393	312	1977	6138	1977	3	19	59	19	2,6	S1 2,0
96.04.07	08:15	1600	15026	24042	404	150	3757	9617	1503	1	25	64	10	1,6	S1 2,0
96.04.08	08:10	620	3729	2312	320	112	1156	1566	895	3	31	42	24	2,8	S1 2,0
96.04.09	09:41	281	2591	728	258	130	751	907	803	5	29	35	31	1,9	S1 3,0
96.04.10	09:01	295	2143	632	163	107	536	643	857	5	25	30	40	2,1	S1 3,0
96.04.11	10:12	213	1179	251	148	177	436	377	189	15	37	32	16	2,1	S1 3,0
Meðaltal	13 S-sýna	948	5580	8059	330	152	1720	2884	824	4	35	44	17	1,9	
							1872	3708			39		61		

Tafla 3: Svifaur og efnastyrkur í Sæluhúskvísl í hlaupinu í mars-apríl 1996.

Tekið Dagur	kl.	Rennsli m ³ /s	Svifaur		Efna- styrkur mg/l	Kornastærð mg/l				Kornastærð %				Stærstu korn mm	Töku- aðferð Ø mm
			mg/l	kg/s		Leir	Méla	Mór	Sandur	Leir	Méla	Mór	Sandur		
96.03.28	17:40	10,6	2081	22	399	125	978	458	520	6	47	22	25	3,0	S1 6,0
96.03.29	15:30		2314		387	162	1273	648	231	7	55	28	10	4,2	S1 6,0
96.04.02	14:00	32,0	6301	202	398	126	2583	1701	1890	2	41	27	30	3,6	S1 4,0
96.04.04	17:30	47,0	6708	315	390	134	3086	2482	1006	2	46	37	15	1,6	S1 2,0
96.04.05	15:00	55,0	9955	548	394	299	3285	4281	2091	3	33	43	21	3,2	S1 2,0
Meðaltal	5 S-sýna		5472		394	169	2241	1914	1148	4	44	31	20	3,1	
							2410	3062			48		52		

Styrkur svifaurs í sýnum úr Skeiðará er sýndur á mynd 9. Þar kemur vel fram, að hæsti aurstyrkurinn mældist daginn eftir, að rennslið var í hámarki. Þess hefur þrisvar orðið vart áður í Skeiðarárhlaupum, að aurstyrkur hafi aukist, eftir að rennsli var farið að minnka, en raunar gætir óvissu í eitt skiptið, 1983.



Mynd 9: Styrkur svifaus í Skeiðarárhlaupinu í mars–apríl 1996.

Eins og áður segir, varð mikil aukning í aur- og efnastyrk í Skeiðarárhlaupinu 1972 um $2\frac{1}{2}$ sólarhring, eftir að rennslíð var í hámarki, sjá m. a. *Haukur Tómasson o. fl. 1974*. Óverulegrar aukningar á aurstyrk varð vart eftir að rennslí var farið að minnka í Skeiðarárhlaupunum 1983 og 1986.

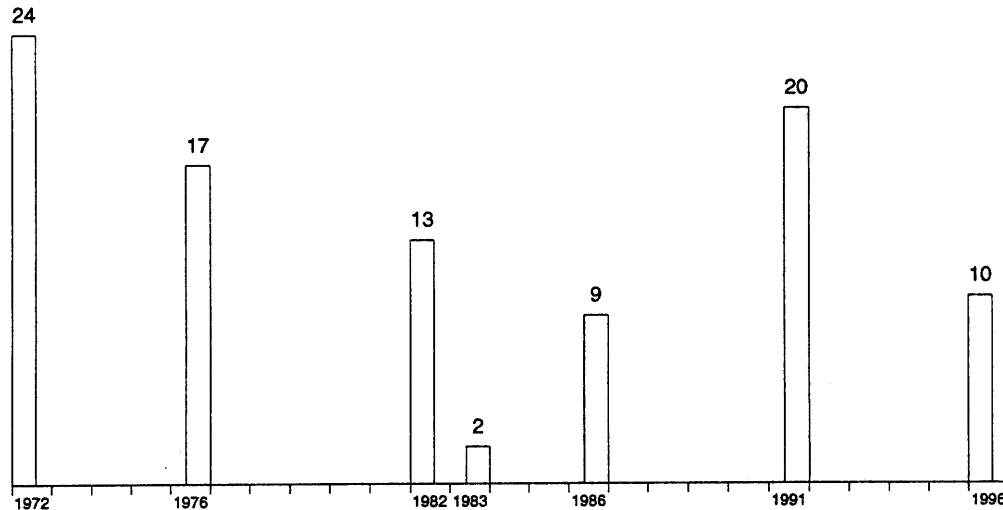
Þess má einnig geta, að í hlaupum úr eystri Skaftárkatlinum 1991 og 1995 og í hlaupi úr vestari Skaftárkatlinum 1996 varð mikil aukning í aur- efnastyrk, þegar hlaupið var minnkandi. Í Skaftárhlaupunum virðast breytingarnar hafa orðið í tengslum við óróa, sem kom fram á jarðskjálftamælum. Um Skaftárhlaupið 1991 sjá *Svanur Pálsson og Snorri Zóphóníasson 1992* og um Skaftárhlaupin 1995 og 1996 sjá *Snorri Zóphóníasson og Svanur Pálsson 1996*.

Það, að hámarksstyrkur svifaus komi seinna en hámark rennslis, er þekkt fyrirbæri, sbr. *Sundborg 1995*, þar sem hann greinir frá mælingum á framburði svifaus í flóði af völdum tæmingar á uppistöðulóni í Costa Rica. Skýringin er talin vera sú, að aurkornin berist hægar fram en vatnið og er munurinn því meiri sem kornin eru stærri. Þegar efnastyrkur hækkar ásamt aurstyrk, eins og gerðist í hlaupunum, sem hér hafa verið nefnd, er þessi skýring ekki fullnægjandi, en samt má búast við, að þessa fyrirbæris gæti eitthvað í jökulhlaupum, þó að torvelt sé að sýna fram á það. Nánar verður vikið að þessu fyrirbæri, að því er varðar Skeiðarárhlaupin 1983 og 1986, í kaflanum um kornastærð svifausins síðar í skýrslunni.

3.3 Heildarframburður svifaus í hlaupinu

Heildarframburður svifaus í Skeiðará dagana 23. mars til 11. apríl reiknast um 10 milljónir tonna. Súluritið á mynd 10 sýnir framburð svifaus í Skeiðará í hlaupinu ásamt framburði Skeiðarár í næstu 6 hlaupum þar á undan. Tölurnar ofan við súlurnar tákna milljónir tonna. Rétt er að vekja athygli á því, að framburður í hlaupinu 1976 er nú talinn töluvert lægri en áður var talið. Það stafar af því, að endurskoðun

á útreikningum á rennslismælingum í því hlaupi leiddi til umtalsverðrar lækkunar. Ennfremur er þess að geta, að sýnin úr hlaupinu 1972 voru svokölluð S3-sýni, þ. e. tekin uppi við bakka, svo að í þau vantar meira af grófum svifaur en í sýnin úr seinni hlaupunum, en gera verður ráð fyrir, að grófustu svifaurskornin skili sér ekki nægilega vel í sýnum úr hlaupum. Ekki er hér reynt fremur en við umfjöllun um aur í fyrri hlaupum að áætla, hve mikill hluti aursins hefur komið með hlaupvatninu og hve mikill með grunnrennslinu. Minna má á, að framhlaup Skeiðarárjökuls skömmu fyrir hlaupið 1991 hefur vafalaust valdið því, að framburður í því hlaupi varð meiri en annars hefði orðið.



Mynd 10: Heildarframburður svifaurs í 7 Skeiðarárhlaupum, milljónir tonna.

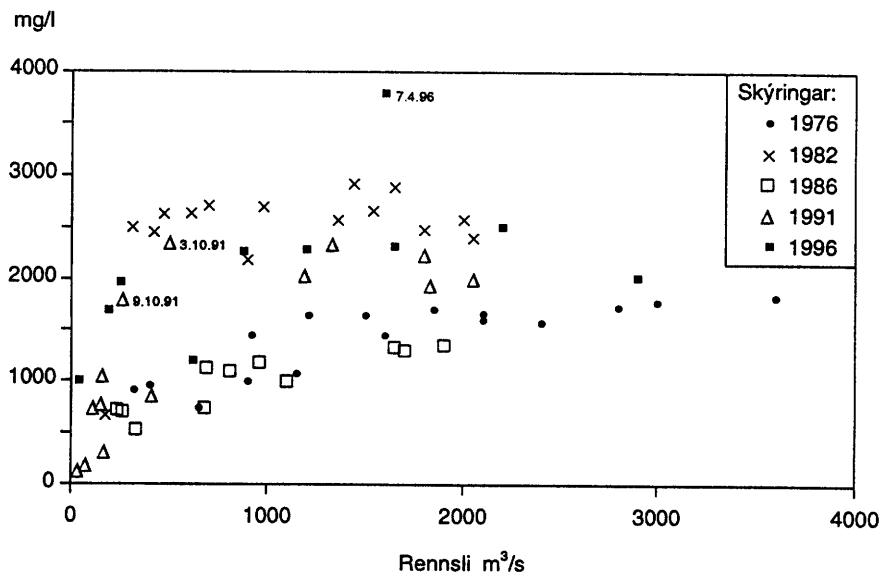
Á myndinni er aðeins sýndur framburður í Skeiðará, enda er nafnið Skeiðarárhlaup aðeins notað um hlaup í Skeiðará sjálfri eða þann hluta Grímsvatnahlaups, sem kemur í Skeiðará. Auk Skeiðarár kom þetta hlaup aðeins í Sæluhúskvísl. Nokkru erfiðara er að meta hve mikill svifaursframburður hefur borist þar fram, vegna þess að færri sýni voru tekin þar. Líklega hefur framburðurinn þar verið um 200–300 þúsund tonn, sem er vel innan við óvissumörkin í útreikningum á framburðinum í Skeiðará.

3.4 Kornastærð svifaursins

Komið hefur fram í skýrslum um fyrri Skeiðarárhlaup, að aurstyrkur hafi verið mismikill í hlaupum, sjá *Bjarni Kristinsson o. fl. 1986* og *Svanur Pálsson o. fl. 1992*. Hér verður styrkur mélu og mós í síðustu hlaupum skoðaður nánar, en svifaur í Skeiðarárhlaupum er aðallega af þessum kornastærðarflokkum.

Á mynd 11 er styrkur mélu í fimm síðustu Skeiðarárhlaupum borinn saman við rennslu. Þar kemur fram, að styrkur mélu er lægstur í hlaupunum 1976 og 1986. Hæstur er styrkurinn í hlaupinu 1982. Hin hlaupin tvö koma þar á milli og styrkurinn er breytilegri. Hlaupið 1991 var tvítoppa, sjá *Svanur Pálsson o. fl. 1992*, og var styrkur mélu hár nærri fyrri toppnum, sem varð í byrjun október, en tvö gildin eru auðkennd með dagsetningum. Þetta má skýra með því, að nýlega hafði verið gangur í jöklinum og því óvenjulega mikið af aðgengilegum aur á leið hlaupvatnsins. Styrkur mélu í hlaupinu

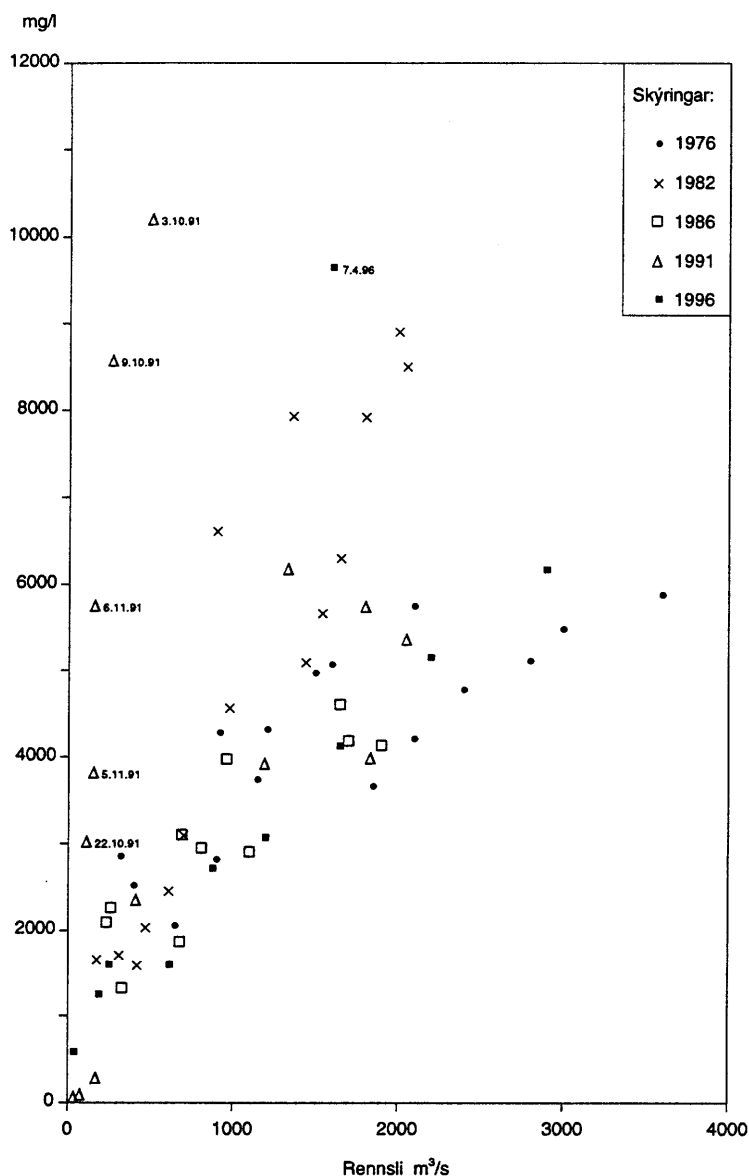
1996 liggur oftast á milli styrksins í hlaupunum 1982 og 1991, en hann er tiltölulega lágur, þegar rennslið er hæst, og mjög hár 7. apríl, daginn eftir að rennslið var í hámarki.



Mynd 11: Styrkur mélu (0,002–0,02 mm) í Skeiðarárhlaupum, S1- og S2-sýni.

Á mynd 12 er styrkur mós úr þessum fimm hlaupum borinn saman við rennsli. Hér er dreifingin meiri, sérstaklega á sýnunum úr hlaupinu 1991. Sýnum úr því hlaupi má raunar skipta í tvo flokka. Í sýnunum, sem tekin voru framan af hlaup tímanum, var styrkur mós mjög hár samanborið við önnur sýni. Þessi sýni eru auðkennd með dagsetningum. Hin sýnin úr hlaupinu 1991 hafa flest móstyrk, sem er sambærilegur eða heldur lægri en í sýnunum úr hlaupinu 1982. Móstyrkur var lægri í flestum sýnum úr hlaupunum 1976, 1986 og 1996 en í sýnum úr hinum hlaupunum tveimur. Líkt og kemur fram á mynd 11 sker sýnið frá 7. apríl 1996 sig mjög úr, þar sem það hafði einnig mjög háan móstyrk.

Beint liggur við að rekja hinn háa styrk mós framan af hlaup tímanum 1991 til aðstæðna í jöklinum vegna framskriðsins, eins og fyrr hefur verið getið. Miklu meiri óvissa er um það, hvers vegna styrkur mós og mélu í sumum hlaupum hefur mælst verulega frábrugðinn styrknum í öðrum. Hlaupvatnið virðist hafa haft misgreiðan aðgang að aur af þessum kornastærðum. Hugsanlega er hlaupfarvegurinn ekki alltaf á sama stað eða skrið jökulsins á milli hlaupa veldur því, að misjafnlega mikið er til staðar af aðgengilegu efni á vegi hlaupvatnsins, en sú ástæða skýrir einmitt aukinn aurstyrk framan af hlaup tímanum 1991. Einnig má benda á, að svo vill til, að hlaupin 1976 og 1986, sem eru með lægstan mélu- og móstyrk, komu bæði síðsumars, en hlaupin 1982 og 1996 síðla vetrar eða snemma vors. Hugsanlega er aðgengi að aur minna í lok aðalrennslis- og jökulleysingatímans en síðla vetrar og snemma vors. Mæligögn úr hlaupinu 1972, sem kom á svipuðum árstíma og hlaupið 1991, sýna tiltölulega háan styrk aurs af þessum kornastærðarflokkum, en sýnin voru af lakari gæðaflokki en þau sýni, sem síðar hafa verið tekin. Raunar ætti aurstyrkur í sýnunum úr hlaupinu 1972 að vera of lágur frekar en hitt, sem bendir til þess, að aurstyrkur hafi verið hár í því hlaupi. Þar til annað kemur í ljós, má ætla, að aurstyrkur sé að öðru jöfnu lægri í

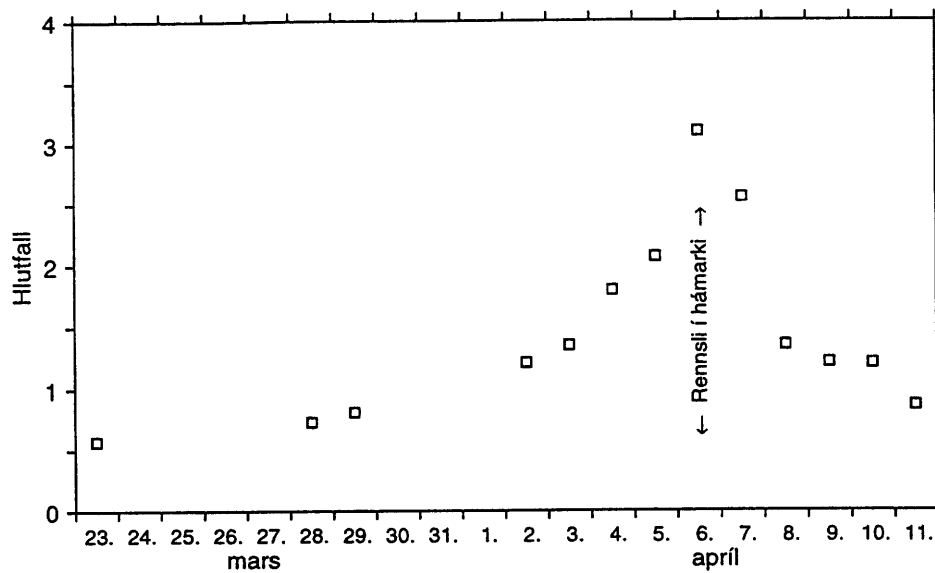


Mynd 12: Styrkur mós (0,02-0,2 mm) í Skeiðarárhlaupum, S1- og S2-sýni.

Skeiðarárhlaupum, sem koma í lok aðaljökulleysingatímans en í hlaupum, sem koma síðla vetrar.

Hlutfallið mór/méla í svifaur er að meðaltali nálægt 1,5 í S1-sýnum úr Skeiðará á milli hlaupa, en fer oft niður fyrir 1,0, sérstaklega á veturna. Í hlaupum fer hlutfallið gjarnan í 3,0 og jafnvel hærra.

Á mynd 13 er sýnt hlutfallið mór/méla í svifaur í Skeiðará í hlaupinu 1996. Í byrjun hlaupsins er hlutfallið lágt, en hækkar með vaxandi rennsli og nær hámarki við hámark rennslis, en lækkar síðan hratt með minnkandi rennsli. Rétt er að vekja athygli á því, að hlutfallið er farið að lækka, þegar aurstyrkurinn mældist hæstur, daginn eftir að rennslið var í hámarki. Það bendir til þess, að hámark í aurstyrk eftir að rennslið er farið að minnka stafi ekki af því, að aurinn berist hægar en vatnið, því að þá á aurinn að berast þeim mun hægar sem hann er grófkornaðri, svo að mór/mélu hlutfallið ætti að hækka.



Mynd 13: Hlutfallið mór/méla í svifaur í Skeiðará í hlaupinu í mars-apríl 1996.

Áður hefur verið minnst á það, að í Skeiðarárhlaupunum 1983 og 1986 hafi hæsti aurstyrkurinn mælst í sýnum, sem voru tekin, þegar rennsli var farið að minnka, og verður nú vikið nánar að því.

Í litla Skeiðarárhlaupinu 1983 mældist hæsti aurstyrkurinn ekki við hæsta mælda rennslið, heldur fimm dögum síðar, þegar rennsli og efnastykur hafði minnkað lítillega. Rennsli var ekki mælt og engin sýni tekin dagana þar á milli, en talið er, að rennslið hafi verið í hámarki einum eða tveimur dögum, áður en seinna sýnið var tekið, sjá *Haukur Tómasson o. fl. 1985*. Styrkur fins aurs var lægri í sýninu, sem seinna var tekið, en styrkur grófs aurs hafði aukist verulega, sem styður þá tilgátu, að hér hafi aurinn og þá einkum sá grófi borist hægar en vatnið. Hér verður þó að hafa í huga, að aðeins er verið að bera saman tvö sýni, rennslið hafði aðeins minnkað óverulega, minnkunin á mörkum þess að vera marktæk, og mælingar voru mjög strjálar

Í Skeiðarárhlaupinu 1986 mældist aurstyrkur um 30% hærri í sýni, sem tekið var um sólarhring eftir hámark rennslis, en í sýni, sem tekið var, þegar það var í hámarki. Efnastykur mældist lítillega hærri í seinna sýninu, en þó innan skekkjumarka. Rennslið var talsvert farið að minnka, þegar seinna sýnið var tekið, sjá *Bjarni Kristinsson o. fl. 1986*. Mór/mélu hlutfallið var herra í seinna sýninu, en sandstyrkurinn hafði þó aukist enn meira.

Það, sem gerðist í hlaupunum 1986 og 1996, er líkt að því leyti, að aurstyrkur mældist hæstur daginn eftir hámark rennslis og efnastykur hélst svipaður eða jafnvel hækkaði. Aukning í aurstyrk var meiri 1996 jafnframt því, að rennslið hafði minnkað meira. Það, sem er ólíkt, er það, að mór/mélu hlutfallið var í hámarki samfara hámarki aurstyrks 1986, en 1996 var það farið að lækka, þegar aurstyrkurinn var í hámarki.

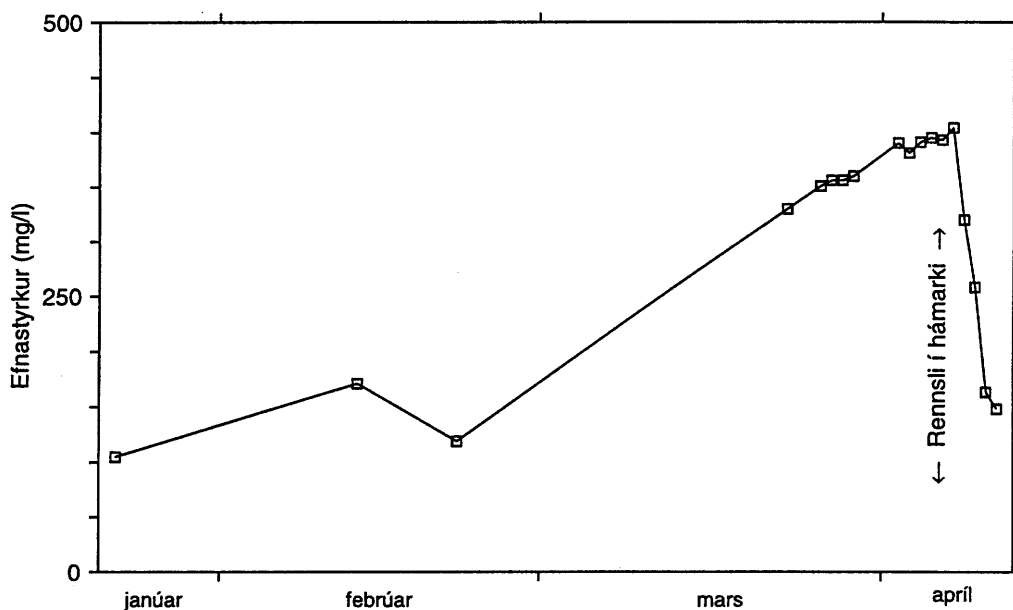
Það, sem gerðist í hlaupinu 1972, hefur algera sérstöðu. Aukningin var miklu meiri en í hlaupunum, sem hér hefur verið minnst á. Þá varð þreföldun til fjórföldun í aurstyrk og 10–15% aukning í efnastyk frá því, að rennslið var í hámarki. Aukningin í aurstyrk

lá aðallega í aukningu á móstyrk og mó/mélu hlutfallið fór vel yfir 4,0. Líklegast verður að teljast, eins og áður hefur verið sett fram, að þá hafi orðið smávægileg eldsumbrot á upptaksvæði hlaupsins. Slíku er ekki til að dreifa í hinum hlaupunum. Í þeim hefur hugsanlega tvinnast saman seinkun á streymi aurs miðað við vatnsstreymið og upprót (gufusprengingar?) í Grímsvötnum vegna þrýstingslækkunar. Gufusprengingar ættu að geta skýrt hækkun á efnastyrk. Vegna óvissu í rennslismælingum er ekki fullvíst, að rennslið í hlaupinu 1983 hafi raunverulega verið farið að minnka, þegar seinna sýnið var tekið. Það er því álitamál, hvort hlaupið 1983 á að teljast hér með.

3.5 Efnastyrkur

Hluti af ferlinu við mælingar á svifaur er mæling á efnastyrk. Mælingin er gerð með þurreimingu, en við eiminguna tapast rokgjörn efni. Sá efnastyrkur, sem mælist með þessari aðferð, er heildarefnastyrkur að frádrögnum rokgjörnum efnum. Þetta verður að hafa í huga, ef þessi gögn eru borin saman við heildarefnastyrk fenginn með því að leggja saman einstök efni úr heildarefnagreiningu.

Grímsvötn eru háhitasvæði, og því er efnastyrkur hár í Grímsvatnahlaupum. Á mynd 14 er sýndur efnastyrkur í sýnum úr hlaupinu í Skeiðará 1996. Einnig er sýndur efnastyrkur í þremur sýnum, sem tekin voru nokkrum vikum áður en hlaupið hófst.



Mynd 14: Efnastyrkur í Skeiðará skömmu fyrir og í hlaupinu.

Efnastyrkur var frekar hár í þessu hlaupi, komst hæst í 404 mg/l daginn eftir að rennslið var í hámarki. Áður hefur efnastyrkur aðeins komist yfir 400 mg/l í þremur sýnum, einu sýni úr hlaupinu 1965 og sýnunum tveimur, sem tekin voru úr fyrrnefndum toppi í aur- og efnastyrk í hlaupinu 1972.

Á milli hlaupa mælist efnastyrkur í Skeiðará oftast á bilinu 40-80 mg/l, að meðaltali um 60 mg/l. Stundum mælist efnastyrkurinn nokkuð yfir 100 mg/l án þess að um hlaup

sé að ræða, sérstaklega síðla vetrar eða snemma vors. Það bendir til þess, að eitthvað af háhitavatni streymi langtímum saman til Skeiðarár, en mismikið, og einkenni þess, hár efnastyrkur, komi helst í ljós, þegar grunnrennsli er lægst. Líklegt er, að þetta aðstreymi háhitavatns aukist, þegar líður að hlaupi, og geti gefið til kynna, að hlaup sé í vændum á þeim árstíma, sem rennsli er lítið.

Í sýnunum þremur, sem tekin voru úr Skeiðará í janúar og febrúar 1996, var efnastyrkur yfir 100 mg/l, var meira að segja 171 mg/l í sýninu, sem tekið var 13. febrúar. Svo hár efnastyrkur er mjög sterk vísbending um að hlaup sé í aðsigi. Svipaðrar hækkunar varð vart haustið 1983 á undan litla hlaupinu, sem náði hámarki rétt fyrir miðjan desember. Að sumarlagi er rennsli svo mikið, að ekki yrði vart við aðstreymi háhitavatns af þessari stærðargráðu. Sé hugað að öðrum Skeiðarárhlaupum, sem komið hafa að vetrarlagi, síðan mælingar á svifaur og efnastyrk hófust, koma hlaupin 1972 og 1982 til athugunar. Fyrir hlaupið 1972 skorti mælingar alfarið og engin sýni voru tekin úr Skeiðará næstu tvo mánuðina fyrir hlaupið 1982. Niðurstaðan er sú, að í þau tvö skipti, sem fylgst var með Skeiðará á undan hlaupum að vetrarlagi, varð greinileg hækkun á efnastyrk nokkrum vikum fyrir hlaupin.

4 Efnasamsetning hlaupvatns

Vatnamælingamenn tóku fimm sýni af vatni úr Skeiðará til efnagreininga meðan á hlaupinu stóð. Þrjú þeirra voru tekin þannig að unnt var að mæla í þeim rokgjörn efni og málma, þ. e. tekið sýni í gastúpu og hluti sýna síuð fljótlega eftir sýnatöku og sýrð. Tvö sýnanna voru aðeins tekin á plastbrúsa og ekki meðhöndluð á neinn hátt strax og því ekki unnt að mæla í þeim annað en helstu uppleyst efni. Miðað við rennslisferil hlaupsins (mynd 2) er ekkert sýnanna frá hámarki þess. Fyrsta sýnið var tekið 28. mars, þegar ljóst var að hlaup var hafið. Síðan var tekið sýni 7. apríl, þegar hlaupið var í rénun, en ekki löngu eftir hámark hlaupsins. Einnig voru tekin sýni 8. 9. apríl þegar hlaupið hafði minnkað verulega og vatnsmagn var á hraðri niðurleið, en var enn meira en við venjulegar aðstæður. Eitt sýni var tekið í Sæluhúskvísl 10. apríl, þegar hlaupinu var nær lokið.

Þekkt er að veruleg aukning verður á efnastyrk ýmissa efna í vatni Skeiðarár og hinna ána á Skeiðarársandi, þegar hlaup verður úr Grímsvötnum. Það stafar af því að jarðhiti bræðir stöðugt jökulís í vötnunum og upp í þau streyma jarðhitagufur, sem þéttast og sumar gastegundanna leysast upp í bræðsluvatninu. Sýrustig (pH) í vatninu lækkar í kjölfarið og vatnið hvarfast við svifaur og andrúmsloft. Þegar hlaup verður úr vötnunum streymir þetta vatn niður farveg Skeiðarár og blandast venjulegu rennsli og er yfirleitt verulegur hluti rennslisins þann tíma sem hlaupið varir.

Tafla 4: Efnastyrkur í hlaupinu í mars–apríl 1996.

Staður	Skeiðará	Skeiðará	Skeiðará	Skeiðará	Sæluhúskvísl
Dagsetning	96-03-28	96-04-07	96-04-08	96-04-09	96-04-10
Sýnanúmer	19960073	19960081	19960082	19960083	19960084
pH/°C	6,54/22			6,15/18	7,0/21
Brennisteinsvetni(H ₂ S) mg/l	0,08			0,04	<0,03
Heildarkarbondat (CO ₂) mg/l	404			535	20,7
Leiðni μS/cm/°C				350	39
Uppleyst efni (TDS) mg/l					
Kísill (SiO ₂) mg/l	59,7	65,4	52,2	52,6	2,66
Natríum (Na) mg/l	53,7	59,5	49,4	47,7	3,90
Kalíum (K) mg/l	3,12	4,24	3,38	3,43	0,30
Kalsíum (Ca) mg/l	52,3	60,8	47,9	43,3	3,50
Magnesium (Mg) mg/l	11,9	13,5	11,2	10,5	0,64
Súlfat (SO ₄) mg/l	15,8	18,0	14,1	12,0	1,13
Klóríð (Cl) mg/l	12,8	14,4	12,1	12,0	1,12
Flúoríð (F) mg/l	0,17			0,182	0,021
Járn (Fe) mg/l	2,27			2,86	0,43

Niðurstöður efnagreininga á vatnssýnunum frá hlaupinu vorið 1996 eru sýndar í töflu 4. Mæld voru öll helstu uppleyst efni í sýnunum; kísill, natríum, kalsíum, súlfat, klóríð, magnesíum og kalíum. Heildarstyrkur karbondats, brennisteinsvetni, sýrustig og járnstyrkur var mældur í þremur sýnum. Ekki voru mældir aðrir þungmálmar né stöðugar samsætur vegna kostnaðar. Þar sem heildarstyrkur uppleystra efna er mældur í aurburðarsýnum var hann ekki mældur í þessum sýnum. Af einhverjum ástæðum hefur ekki verið mæld rafleiðni nema í hluta sýnanna.

Í fyrsta sýninu frá 28. mars er efnastyrkur orðinn mjög hár, öll aðalefni hafa hækkað, einkum heildarkarboronat, vottur sést af brennisteinsvetni, hár styrkur járn mælist og sýrustig er lægra en algengt er. Af þessu má ráða að vatnið er að mestu bræðsluvatn úr Grímsvötnum með augljósum jarðhitaáhrifum, þrátt fyrir að átta dagar séu enn í hlauphámarkið. Sýnið sem tekið var daginn eftir hlauphámarkið, 7. apríl, hefur enn hærri efnastyrk en var því miður ekki meðhöndlað á þann hátt að unnt væri að mæla rokgjörn efni, sýrustig og járnstyrk. Öll þau efni sem mæld voru eru hærri en í sýninu frá 28. mars. Styrkur kísils er 65,4 mg/l sem er mjög sambærilegt við það sem hæst hefur mælist í fyrri Skeiðarárhlaupum (tafla 5). Sulfat er í verulega lægri styrk en hæst mælist í fyrri Skeiðarárhlaupum. Sýni frá 8. apríl sýnir ívið lægri styrk allra helstu uppleystra efna, en er því miður með sama marki brennt og sýnið frá 7. apríl. Í sýni frá 9. apríl hefur styrkur helstu uppleystra efna lækkað, enn er vottur af brennisteinsvetni en minna en í fyrsta sýninu. Heildarkarboronat er hins vegar verulega herra en í fyrsta sýninu og sýrustig lægra og með því lægsta sem mælist hefur í fyrri Skeiðarárhlaupum. Í sýninu úr Sæluhúskvísl frá 10. apríl er efnasamsetning að flestu leyti lík því sem gerist í árvatninu utan hlaupa. Þó er styrkur járn óeðlilega hár, þótt hann sé verulega lægri en í hlaupvatninu. Í því sýnanna sem efnastyrkur er hæstur, frá 7. apríl er hlaupið í hraðri rénun og er líklegt að efnastyrkur gæti hafa verið enn hærri. Þó má benda á að bæði styrkur svifaurs og heildarefnastyrkur var í hámarki rétt á eftir rennslistoppnum í þessu hlaupi.

Upplýsingar um efnasamsetningu hlaupvatns úr Skeiðará (tafla 5) eru til úr flestum hlaupum eftir 1954 (*Sigurjón Rist 1955, Orkustofnun, óbirt gögn, Guðmundur Sigvaldason 1965, Sigurður Steinþórsson og Niels Óskarsson 1983, Helgi Björnsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1984, Haukur Tómasson o. fl. 1985, Bjarni Kristinsson o. fl. 1986, Svanur Pálsson o. fl. 1992*).

Tafla 5: Efnastyrkur í Skeiðarárhlaupum.

Tímasetning	1954	1965	1972	1976	1982	1983	1986	1991	1996
pH/°C		7,0/	7,5/		6,02/22	6,45/21	6,26/24	6,20/24	6,15/18
Brennisteinsvetni (H ₂ S) mg/l	0,0				0,3	0,0	<0,03	<0,03	0,04
Heildarkarboronat (CO ₂) mg/l		680	480		595	343	384	559	535
Uppleyst efni (TDS) mg/l	388	416			369	359	336	386	
Kísill (SiO ₂) mg/l	57	56	44	50,5	60,0	56,5	62,4	67,0	65,4
Natríum (Na) mg/l		63,5	89,0	43,0	53,1	50,3	52,7	57,1	59,5
Kálfum (K) mg/l		19,0	3,0	3,8	4,2	4,8	4,4	3,9	4,2
Kalsfúum (Ca) mg/l	60,9	59,5	28,0	45,6	50,4	38,9	43,2	51,0	60,8
Magnesium (Mg) mg/l	15,6	10,4	10,0	9,9	10,8	11,8	10,7	12,6	14,4
Sulfat (SO ₄) mg/l	18,1	38,7	13,0	23,5	19,2	48,8	38,4	22,0	18,0
Klóríð (Cl) mg/l	8,7	42,7	11,0	13,5	13,2	7,6	13,7	14,8	12,0
Flúoríð (F) mg/l	0,3	0,5			0,17	0,31	0,26	0,16	0,18
Járn (Fe) mg/l	9,5					4,4	2,3	2,3	2,9

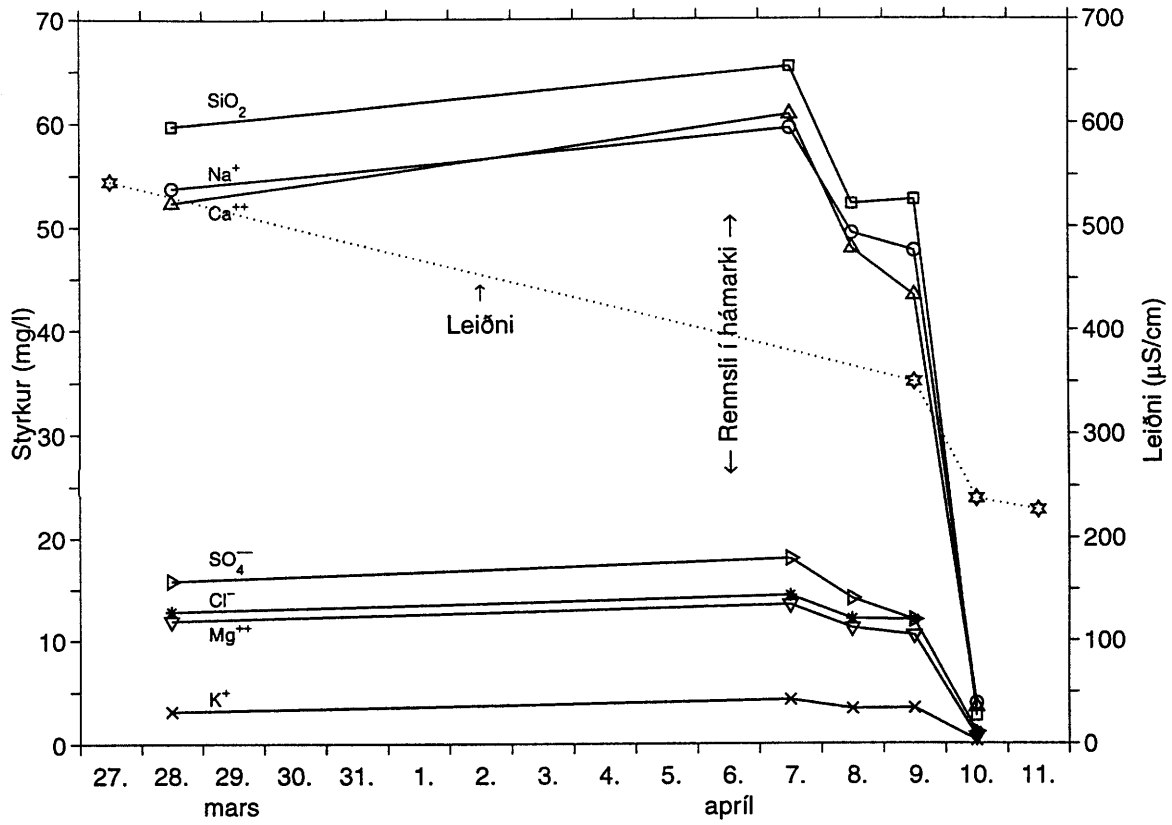
Gögnin eru mjög mismunandi að magni og gæðum. Oft hefur aðeins verið tekið eitt sýni og ekki ávallt í hámarki hlaupsins né heldur er víst að hámark vatnstopps hafi fallið alveg saman við efnatopp. Fjöldi greindra efna er mismunandi milli sýna og vantar þannig gildi fyrir pH og rokgjörn efni í sum sýni og mjög lítið er greint af málum í flestum þeirra. Í hlaupum eftir 1982 hafa yfirleitt verið tekin nokkur sýni í hverju hlaupi og greind í þeim aðalefni, rokgjörn efni og oft járn. Við samanburð sýnanna frá hlaupinu 1996 við sýni úr fyrri hlaupum verður að hafa fyrrgreind atriði

í huga. Þannig er sýnið í töflu 5 úr hlaupinu 1982 eina sýnið, sem tekið er við útfall og í því mælist allnokkur styrkur brennisteinsvetnis. Í öllum sýnunum var brennisteinsvetni mælt í gastúpu 1-2 dögum eftir söfnun og því er hætt á að í sýnum neðar í ánni hafi verið meira súrefni, sem náð hefur að eyða því uppleysta brennisteinsvetni, sem ekki hefur þegar eyðst í ánni á leiðinni frá upptökum. Enda mælist ekki brennisteinsvetni í neinum eldri hlaupsýnanna öðrum en fyrrgreindu sýni frá 1982, en í tveimur sýnanna frá 1996 kemur fram vottur af því. Öll sýni tekin eftir 1982 voru síuð og sýrð við sýnatöku. Notuð var 0,45 μm sía og hugsanlegt er að í gegnum hana hafi sloppið fingerðar agnir af járnoxíði. Hvernig sýni frá 1954 var meðhöndlað og hvaða greiningaraðferð var notuð fyrir járn er ekki vitað.

Ljóst er að öll sýnin úr Skeiðará bera merki hlaupvatns og sýnið frá 7. apríl öllu mest. Þar vantar pH og rokgjörn efni, en í sýninu frá 9. apríl þegar hlaupinu er nær lokið mælist pH álíka lágt og í vatni fyrri hlaupa og heildarkarbónat álíka hátt og í þeim. Athygli vekur að brennisteinsvetni mælist í sýnunum þrátt fyrir að þau hafi ekki verið meðhöndluð á annan hátt en eldri sýnin, sem bendir til einhverra annarra aðstæðna t. d. hærri styrks. Styrkur sulfats er þó í lægri kantinum miðað við eldri hlaup, en búast hefði mátt við að hann hækkaði væri meira brennisteinsvetni á ferðinni. Kísilstyrkur þessa sýnis er lægri en hæst gerist í fyrri hlaupum, en í sýni frá 7. apríl er hann álíka hár. Styrkur járnss er álíka hár og mælist hefur í tveimur fyrri hlaupum, en hann hefur einnig mælist hærri. Hætt er við, að hvörfun með útskolun á járn geti átt sér stað í sýnunum sé svifryk ekki síað frá strax og þau náí að hitna og hristast.

Á mynd 15 er sýndur styrkur nokkurra helstu uppleystra efna í vatnssýnunum; kísils, natríums, kalsíums, sulfats, klóríðs, magnesíums og kalíums. Styrkur þeirra allra vex og lækkar samhliða og sama má segja um heildarstyrk karbónats (tafla 4) og rafleiðni vatnsins (mynd 15), sem reyndar eru ekki mæld í öllum sömu sýnunum. Í þeim þremur sýnum, þar sem reikul efni voru mæld, voru reiknuð spesíun og steindajafnvægi með reiknilíkaninu Watch (*Jón Örn Bjarnason, 1994*). Vatnið reiknast ekki í jafnvægi við neinar þær steindir sem venjulega ráða jafnvægi í volgu vatni og það er í ójafnvægi við gastegundir í andrúmslofti. Það er reyndar hvort tveggja eins og við er að búast miðað við aðstæður við myndun þessa vatns, en veldur því að vatnið er tilbúið til að hvarfast bæði við andrúmsloftið og svifaurinn í vatninu.

Miðað við fyrri hlaup sker þetta hlaup sig ekki úr hvað efnasamsetningu varðar, að öðru leyti en því að örlítið brennisteinsvetni mældist, sem ekki er venjulegt nema í sýnum frá upptökum. Þess ber að gæta að ekki náðist sýni úr sjálfu hámarki hlaupsins, en reyndar er ekki víst að öll viðmiðunarsýnin séu heldur frá hámarki þeirra hlaupa.



Mynd 15: Styrkur nokkurra helstu uppleystra efna í sýnum af hlaupvatni ásamt leiðni.

5 Niðurstöður

Hámarksrennsli hlaupsins í Skeiðará mældist tæplega 3000 m³/s og heildarrúmmál tæpur 1,1 km³. Það tók hlaupið um sextán og hálfan sólarhring að ná hámarki, sem samsvarar því, að rennslið tvöfaldist á hverjum 55 klst. Hámarksrennslið var nærri 50% meira en í hlaupunum 1982, 1986 og 1991, en heildarrúmmálið var heldur minna en í þeim hlaupum. Hlaupið kom í Skeiðará og Sæluhúskvísl, en hlaupvatn berst jafnan í Sæluhúskvísl, þegar hlaup kemur í Skeiðará.

Samkvæmt lykli vísindamanna á Raunvísindastofnun yfir vatnsmagn í Grímsvötnum miðað við hæð íshellunnar áttu í upphafi hlaups, þegar yfirborð íshellunnar var í 1454 m y. s., að hafa verið 1,5 km³ í vötnunum. Í lok hlaups var yfirborð hellunnar í 1379 m y. s. og samkvæmt lykli hafa þá verið 0,4 km³ eftir. Þarna munar 1,1 km³ vatns. Síðan bæta þeir 0,05 km³ við fyrir bráðnun íss við víkkun ganganna. Samkvæmt því hefðu átt að mælast að 1,15 km³ af vatni rynnu frá jöklinum. Munurinn á niðurstöðum þessara tveggja aðferða er innan allrar mælinákvæmni.

Í þeim rennismæligögnum, sem til eru frá Skeiðarárhlaupum hafa mælingarnar aldrei áður vikið svo lítið frá fræðilega skilgreindum vísiferli. Spáferill og mældur ferill falla nær því saman. Mæliaðferðir höfðu að vísu verið þróaðar lítilsháttar, en einnig auðveldar það málið, að grunnrennslið var lágt og breyttist lítið þar til undir lok hlaupsins.

Mælingar á dýpi undir Skeiðarárbrú leiddu í ljós, að gífurlegir efnisflutningar á botn-efni áttu sér stað undir brúnni, á meðan á hlaupinu stóð.

Heildaraurstyrkur var nálægt meðallagi fyrir aurstyrk í Skeiðarárhlaupum, nema í einu sýni, sem tekið var daginn eftir, að rennsli var í hámarki, en þá var styrkurinn hærri en mælst hefur í Skeiðarárhlaupum síðan í afbrigðilega aurtoppnum í hlaupinu 1972. Sá toppur í svifaursstyrk varð um 2^{1/2} sólarhring eftir að rennslið var í hámarki. Eins og 1972 liggur hinn hái heildaraurstyrkur í háum styrk aurs í stærðarflokkunum mélu (0,002–0,02 mm) og mó (0,02–0,2 mm).

Aurstyrkur hefur verið mismikill í Skeiðarárhlaupum. Það stafar sennilega af misgreiðu aðgengi hlaupvatnsins að aur af svifaurskornastærð undir jöklinum. Styrkurinn var lægstur í hlaupunum 1976 og 1986, sem bæði komu síðsumars. Styrkurinn var greinilega hærri í hlaupunum 1972, 1982 og 1996, sem komu síðla vetrar. Hlaupið 1991 var afbrigðilegt. Það kom um haust í kjölfar framhlaups í jökli og var tvítoppa. Aurstyrkur var hár, sérstaklega í fyrri hluta hlaupsins, enda örugglega mjög greiður aðgangur að efni af svifaurskornastærð undir jöklinum eftir framhlaupið. Munurinn á hlaupum hvað þetta snertir kemur skýrast fram í aur af mélu- og mókornastærðum. Af þessu má ætla, að aurstyrkur sé að öðru jöfnu lægri í Skeiðarárhlaupum, sem koma í lok aðaljökulleysingatímans en í hlaupum, sem koma síðla vetrar.

Heildarframburður í hlaupinu reiknast um 10 milljónir tonna. Þá er átt við framburð í Skeiðará dagana 23. mars til 11. apríl. Það er svipaður eða heldur meiri framburður en í hlaupinu 1986.

Efnastykur var frekar hár í þessu hlaupi. Heildarefnastykur komst hæst í 404 mg/l í sýninu, sem hæsti aurstyrkurinn mældist í, daginn eftir að rennslið var í hámarki.

Hvað efnasamsetningu varðar, var þetta hlaup líkt fyrri hlaupum að öðru leyti en því, að í því mældist örlítið af brennisteinsvetni, en það er ekki venjulegt nema í sýnum frá upptökum árinna. Sýni til efnagreininga náðist þó ekki úr hámarki hlaupsins.

6 Heimildir

Bjarni Kristinsson, Snorri Zóphóníasson, Svanur Pálsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1986: *Hlaup á Skeiðarársandi 1986*. Orkustofnun, OS-86080/VOD-23 B, 39 s.

Guðmundur E. Sigvaldason 1965: *The Grímsvötn geothermal area. Chemical analysis of jökulhlaup water*. Jökull: 15, 125-128.

Haukur Tómasson, Sigurjón Rist, Svanur Pálsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1985: *Skeiðarárhlaup 1983. Rennsli, aurburður og efnainnihald*. Orkustofnun, OS-85041/VOD-18 B, 27 s.

Helgi Björnsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1984: *The Grímsvötn geothermal area, Vatnajökull, Iceland*. Jökull: 34, 25-50.

Helgi Björnsson 1997: Grímsvatnahlaup fyrr og nú. Í: *Vatnajökull Gos og hlaup. Skýrsla unnin fyrir Vegagerðina af Raunvísindastofnun Háskólans og Orkustofnun*. Vegagerðin: 61-77.

Jón Örn Bjarnason 1994: *The speciation program WATCH, version 2.0*. Orkustofnun.

Sigurður Steinþórsson og Níels Óskarsson 1983: *Chemical monitoring of jökulhlaup water in Skeiðará and the geothermal system in Grímsvötn Iceland*. Jökull: 33, 73-86.

Sigurjón Rist 1955: *Skeiðarárhlaup 1954*. Jökull: 5, 30-36.

Snorri Zóphóníasson og Svanur Pálsson 1996: *Rennsli í Skaftárhlaupum og aur- og efnastyrkur í hlaupunum 1994, 1995 og 1996*. Orkustofnun, OS-96066/VOD-07, 79 s.

Sundborg, Áke 1995: Man-induced Catastrophic Drainage. Notes from Costa Rica. Í: *Eyjar í eldhafi*. Gott mál: 269-276.

Svanur Pálsson og Snorri Zóphóníasson 1992: *Skaftárhlaupið 1991. Sérkenni í aur- og efnastyrk*. Orkustofnun, OS-92014/VOD-02, 26 s.

Svanur Pálsson, Snorri Zóphóníasson, Oddur Sigurðsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Hákon Aðalsteinsson 1992: *Skeiðarárhlaup og framhlaup Skeiðarárjökuls 1991*. Orkustofnun, OS-92035/VOD-09 B, 41 s.

Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1996: *Gagnasafn aurburðarmælinga 1963-1995*. Orkustofnun, OS-96032/VOD-05 B, 270 s.