



ORKUSTOFNUN

Vatnamælingar



Niðurstöður aurburðarmælinga í Skaftá við Sveinstind árið 2001

**Jórunn Harðardóttir
Svava Björk Þorlákisdóttir**

Unnið fyrir Landsvirkjun

2002

OS-2002/041

Jórunn Harðardóttir
Svava Björk Þorláksdóttir

Niðurstöður aurburðarmælinga í Skaftá við Sveinstind árið 2001

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-2002/041

Október 2002

ORKUSTOFNUN – VATNAMÆLINGAR

Reykjavík: Grensásvegi 9, 108 Rvk. – Sími: 569 6000 – Fax: 568 8896
Netfang: vm@os.is – Veffang: <http://www.vatn.is>



Skýrsla nr.: OS-2002/041	Dags.: Október 2002	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Niðurstöður aurburðarmælinga í Skaftá við Sveinstind árið 2001	Upplag: 40	
	Fjöldi síðna: 44	
Höfundar: Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorlákssdóttir	Verkefnisstjóri: JHa	
Gerð skýrslu / Verkstig: Niðurstöður mælinga á svifaur og skriðaur	Verknúmer: 7-641825	
Unnið fyrir: Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: <p>Sumarið 2001 voru farnar tvær ítarlegar aurburðarferðir að Skaftá við Sveinstind þar sem tekin voru heilduð svifaurssýni, punktsýni af mismunandi dýpi í fimm sniðum og skriðaurssýni. Öll svifaurssýni og hluti skriðaurssýna voru kornastærðargreind og styrkur /þyngd þeirra ákvarðaður. Megintilgangur sýnatökunnar var að afla gagna sem nota á til að meta heildaraurburð við Sveinstind. Heilduðu svifaurssýnin staðfestu fyrri niðurstöður um að svifaursframburður sé mjög mikill á milli jökulhlaupa og sýndu að stærstur hluti sýnanna, stundum >50%, er grófmór (0,06–0,2 mm) og styrkur svifaurs vex greinilega með rennsli. Niðurstöður punktsýnatöku sýndu að styrkur svifaurs eykst mikið með dýpi og var sandframburður við botn svo mikill að ekki var hægt að ná þar sýnum vegna stíflu í sýnataka. Skriðaurframburður mældist mjög mikill við Sveinstind eða frá rúmlega 21500 til tæplega 60000 g/s og eykst hann með rennsli.</p>		
Lykilorð: Skaftá, Sveinstindur, svifaursstyrkur, punktsýnataka, skriðaurframburður, kornastærðarflokkar, kornastærðardreifing	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: 	
	Yfirfarið af: KE, PI, ASn	

EFNISYFIRLIT

1	Inngangur	7
2	Aðferðir við sýnaúrvinnslu	9
2.1	<i>Svifaurssýni</i>	9
2.2	<i>Skriðaurssýni</i>	10
3	Niðurstöður.....	13
3.1	<i>Fyrri sýnatökufærð 17.–19. júlí.....</i>	13
3.1.1	Rennsli og dýpi	13
3.1.2	Hefðbundin punktsýni.....	14
3.1.3	Önnur heilduð svifaurssýni	19
3.1.4	Skriðaurssýni	20
3.1.5	Kornastærðargreiningar skriðaurssýna	22
3.1.6	Samanburður svifaurss og skriðaurss.....	25
3.2	<i>Seinni sýnatökufærð 21.–22. ágúst.....</i>	25
3.2.1	Rennsli	26
3.2.2	Hefðbundin punktsýni.....	27
3.2.3	Önnur heilduð svifaurssýni	32
3.2.4	Skriðaurssýni	33
3.2.5	Kornastærðargreining skriðaurssýna	34
3.2.6	Samanburður svifaurss og skriðaurss.....	37
4	Umræða og samantekt.....	38
4.1	<i>Heilduð svifaurssýni</i>	38
4.2	<i>Hefðbundin punktsýni</i>	39
4.3	<i>Skriðaurssýni</i>	42
4.4	<i>Framhald rannsókna við Sveinstind</i>	43
5	Heimildir	44

MYNDASKRÁ

Mynd 1: Vatnasvið Skaftár og staðsetning helstu vatnshæðarmæla á svæðinu.	8
Mynd 2: Svifaurssýnataka af mannbæra kláfnum við Sveinstind.	9
Mynd 3: Skriðaurssýnataka af mannbæra kláfnum við Sveinstind.	10
Mynd 4: Rennsli við Sveinstind (vhm 166) dagana 14.–21. júlí 2001 út frá gögnum Campbellmælis.	13
Mynd 5: Dýptarsnið um 200 m ofan við vhm 166 við Sveinstind samkvæmt rennslis- mælingum dagana 18. og 19. júlí 2001.....	14

Mynd 6: Rennsli samkvæmt Campbellgögnum síritandi vatnshæðarmælis við Sveinstind á meðan punktsýnataka fór fram þann 18. júlí.....	16
Mynd 7: Styrkur heildarsvifauers í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 18. júlí 2001.....	16
Mynd 8: Styrkur svifauers <0,02 mm í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 18. júlí 2001.....	17
Mynd 9: Styrkur svifauers 0,02–0,06 mm í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 18. júlí 2001.....	17
Mynd 10: Styrkur svifauers 0,06–0,2 mm í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 18. júlí 2001. Ath. breyttan kvarða.....	18
Mynd 11: Styrkur svifauers >0,2 mm í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 18. júlí 2001. Ath. breyttan kvarða.....	18
Mynd 12: Niðurstöður skriðaursmælinga dagana 17. og 18. júlí, 2001.	21
Mynd 13: Niðurstöður kornastærðargreininga á skriðaurssýnum A) frá 17. júlí og B) frá 18. júlí 2001.	23
Mynd 14: Niðurstöður afleiddra kornastærðareiginleika skriðaurssýna frá 17. og 18. júlí 2001.	24
Mynd 15: Samanburður skriðaur- og svifauersframburðar samkvæmt sýnum teknum þann 17. júlí 2001.	25
Mynd 16: Rennsli við Sveinstind (vhm 166) dagana 17.–26. ágúst 2001 út frá gögnum í Campbellmæli.....	26
Mynd 17: Dýptarsnið undir kláfi við Sveinstind samkvæmt rennslismælingu þann 22. ágúst 2001.....	27
Mynd 18: Rennsli samkvæmt Campbellgögnum síritandi vatnshæðarmælis við Sveinstind á meðan punktsýnataka fór fram þann 21. ágúst.....	28
Mynd 19: Styrkur heildarsvifauers í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 21. ágúst 2001.	29
Mynd 20: Styrkur svifauers <0,02 mm í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 21. ágúst 2001.	30
Mynd 21: Styrkur svifauers 0,02–0,06 mm í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 21. ágúst 2001.	30
Mynd 22: Styrkur svifauers 0,06–0,2 mm í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 21. ágúst 2001.	31

Mynd 23: Styrkur svifaurs >0,2 mm í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 21. ágúst 2001.	31
Mynd 24: Niðurstöður skriðaurismælinga dagana 21. og 22. ágúst 2001.	33
Mynd 25: Niðurstöður kornastærðargreininga á skriðaurssýnum A) frá 21. ágúst og B) frá 22. ágúst 2001.....	35
Mynd 26: Niðurstöður afleiddra kornastærðareiginleika skriðaurssýna frá 21. og 22. ágúst 2001.	37
Mynd 27: Samanburður skriðaur- og svifaursframburðar samkvæmt sýnum teknum 21. og 22. ágúst 2001.	37
Mynd 28: Samband heildarstyrks veginna svifaurskýna og rennslis út frá sýnum sem tekin voru í sýnatökuferðum í júlí og ágúst 2001.	39
Mynd 29: Hlutfall kornastærðarflokka í vegnum svifaurskýnum.	39
Mynd 30: Samanburður á heildaraurburði punktsýna, sem tekin voru 18. júlí annars vegar og 21. ágúst hins vegar.....	41
Mynd 31: Samanburður einstakra kornastærðarflokka punktsýna, sem tekin voru 18. júlí annars vegar og 21. ágúst hins vegar.	41
Mynd 32: Samband framburðar heildarskriðaur og rennslis út frá gögnum úr sýnatökuferðum ársins 2001.	42

TÖFLUSKRÁ

Tafla 1: Kornastærðarflokkar svifaurskýna.....	10
Tafla 2: Niðurstöður punktsýnaumferðar við Sveinstind þann 18. júlí 2001.	15
Tafla 3: Heilduð sýni frá 17. og 19. júlí, önnur en hefðbundin punktsýni, og útreiknað vegið meðaltal þessara sýna.....	20
Tafla 4: Samantekt niðurstaðna skriðaurismælinga við Sveinstind 17. og 18. júlí.....	22
Tafla 5: Niðurstöður afleiddra kornastærðareiginleika sýna frá 17. og 18. júlí.....	24
Tafla 6: Niðurstöður punktsýnaumferðar við Sveinstind þann 21. ágúst	27
Tafla 7: Heilduð sýni frá 21. og 22. ágúst, önnur en hefðbundin punktsýni, og útreiknað vegið meðaltal þessara sýna.....	32
Tafla 8: Samantekt niðurstaðna skriðaurismælinga við Sveinstind 21. og 22. ágúst	34
Tafla 9: Niðurstöður afleiddra kornastærðareiginleika sýna frá 21. og 22. ágúst.....	36
Tafla 10: Niðurstöður heildarbotnskriðs í ferðum að Sveinstindi sumarið 2001.....	42

1 INNGANGUR

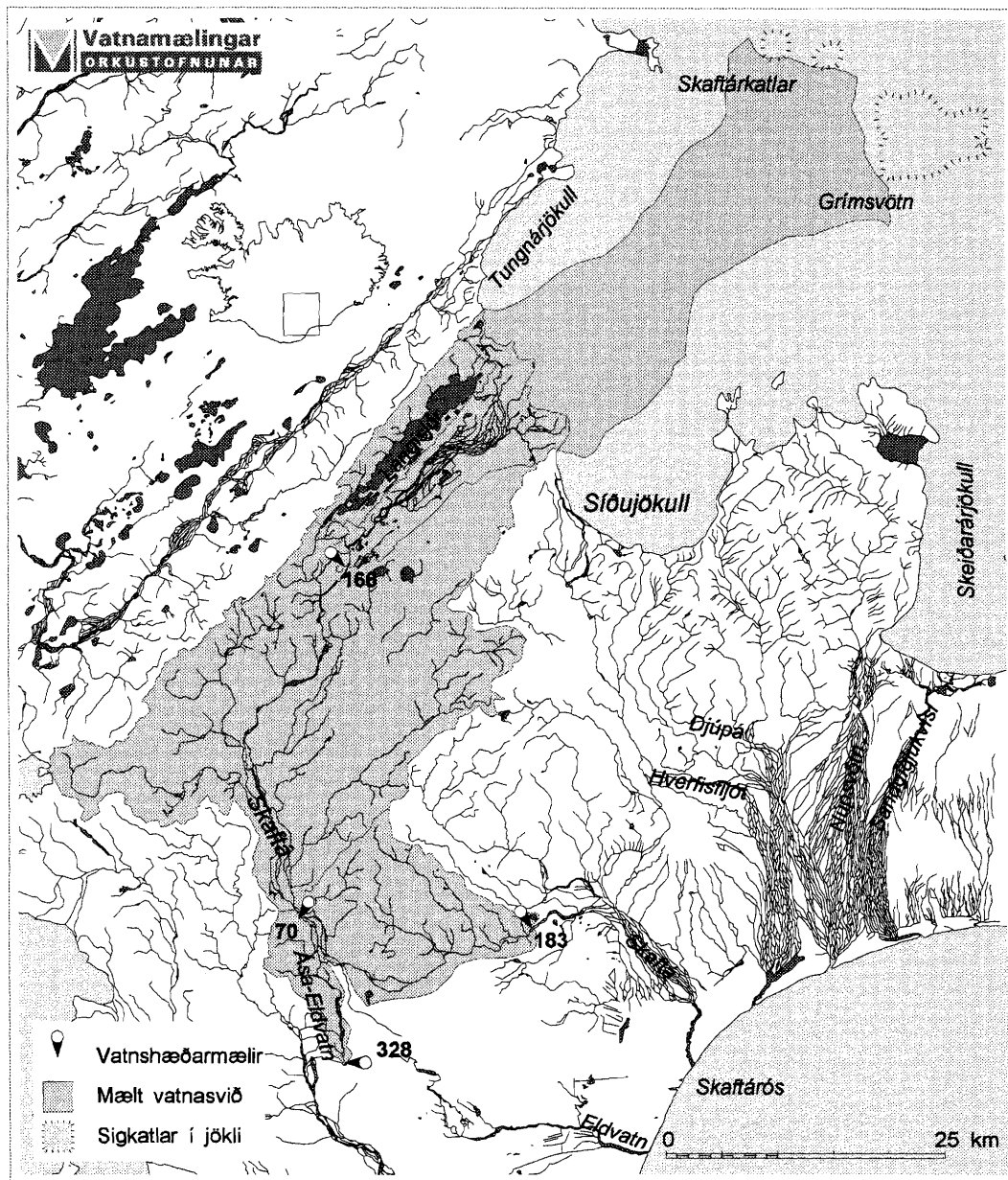
Á síðustu misserum hafa hugmyndir manna um Skaftárveitu, þar sem veita á vestari kvísl Skaftár í Langasjó (mynd 1), komist á verulegt skrið og hafa þær kallað á nákvæma úttekt á rennsli og aurburði Skaftár. Í þessum hugmyndum er tekið mið af þeim svifaurs- og rennslismælingum sem hafa verið gerðar í Skaftá og nálægum vatnsföllum á síðustu árum, m.a. í tengslum við Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma, sem Auðlindadeild Orkustofnunar (ALD) hefur stýrt. Mestur hluti þessara rannsókna hefur farið fram á neðri hluta Skaftársvæðisins, svo að enn vantar verulega upp á vitneskju um þessa þætti í efri hluta Skaftár, þá sér í lagi um aurburð. Aurburður er mjög mikill í Skaftá og góð vitneskja um magn og kornastærð hans er undirstaða hönnunar veitunnar og mikilvægur þáttur í umhverfismati hennar. Sérstaklega hefur vantað gögn frá Sveinstindi um svifaursframburð utan hásumars og í hlaupum, en einnig hafa engar upplýsingar legið fyrir um botnskrið á þessum stað þó að það hafi verið talið verulegt.

Árið 2001 var gerður samningur milli Landsvirkjunar (LV) og Vatnamælinga Orkustofnunar (VM) um ítarlega úttekt á aurburði í efri hluta Skaftár við Sveinstind (vhm 166) (mynd 1). Í samningnum var gert ráð fyrir tveimur ítarlegum ferðum að Sveinstindi þar sem taka átti hefðbundin svifaurskýni, svifaurskýni með punktýnataka og skriðaurssýni. Með þeim sýnum átti að kanna dreifingu aurs í ánni með dýpi og reyna að meta hlutfall botnskriðs af heildaraurburði.

Í fyrstu var fyrirhugað að breyta uppsetningu á mannbærum kláfi við Sveinstind svo að hægt væri að taka aurburðarsýni og rennslismæla í miklu vatni. Slíkum framkvæmdum var hins vegar frestað þar sem menn þóttust sjá að þetta væri ekki framtíðarlausn. Hagkvæmara reyndist að taka sýnin þannig að tveir vatnamælingamenn sátu í mannbæra kláfnum og þrír sátu í báti fyrir neðan kláfinn og tóku við sýnunum þegar þau komu upp úr ánni. Þessi aðferð stytta sýnatökutímann mikið sem á móti vann upp kostnað við aukinn mannskap í ferðinni.

Farið var í tvær ítarlegar aurburðarferðir að Sveinstindi sumarið 2001, þá fyrri 17.–19. júlí og hina síðari 18.–22. ágúst. Í hvorri ferð fyrir sig átti að taka 50 skriðaurssýni, sem öll átti að vigta en greina kornastærð í 20 sýnum, og 35 svifaurskýni, þar af 25 punktýni sem taka átti á 5 sniðum þvert yfir ána, þ.e. 5 sýni í hverju sniði á fyrirfram ákveðnu dýpi. Skriðaurssýnatakan gekk vel í báðum ferðum, en punktýnatakan kláraðist ekki í fyrri ferðinni vegna ítrekaðra stíflana í sýnataka. Aukasýni voru tekin í staðinn og er gerð grein fyrir þessum sýnum fyrir hvora sýnatökuferð fyrir sig. Að auki var rennsli við Sveinstind mælt tvisvar í fyrri ferðinni og einu sinni í seinni ferðinni.

Í skýrslunni er fjallað um niðurstöður svifaurs- og skriðaurssýna sem tekin voru fyrir LV í ofangreindum sýnatökuferðum.



Mynd 1: Vatnasvið Skaftár og staðsetning helstu vatnshæðarmæla á svæðinu. Vhm 166 er við Sveinstind, vhm 470 við norðurenda Fögrufjalla á rennslismælistað í vestari kvísl Skaftár, vhm 70 er við Skaftárdal, vhm 183 við Kirkjubæjarklaustur og vhm 328 í Ása-Eldvatni við Eystri Ása.

2 AÐFERÐIR VIÐ SÝNAÚRVINNSLU

2.1 Svifaurssýni

Tvenns konar svifaurssýni átti að taka af mannbæra kláfnum við Sveinstind árið 2001 (mynd 2). Annars vegar voru það hefðbundin svifaurssýni (svokölluð S1 sýni) tekin með S49 sýnataka á 5 sniðum yfir ána fyrir Auðlindadeild Orkustofnunar, en hins vegar voru það punktýni (svokölluð SD sýni) sem tekin eru með P61 sýnataka á fyrirfram ákveðnu dýpi í hverju sniði, en hægt er að stjórna inntaksopi (4,5 mm í þvermál) síðarnefnda sýnatakans með rafboðum. Eitt heildað sýni frá botni og upp að yfirborði (100%-0% dýpi) átti einnig að taka með P61 sýnatakanum í hverju sniði í tengslum við punktmælingarnar. Í skýrslunni er miðað við að 100% sýnisdýpi sé það dýpi sem inntaksopið er á þegar sýnatakinn leggst á botn, þ.e. 10 cm ofan við raunbotn árinna. Að auki átti að taka heilduð sýni í hverri ferð á sömu breiddum. Þessi heilduðu sýni og punktýnin voru hluti af ítarlegri sýnatöku á vegum Landsvirkjunar.



Mynd 2: Svifaurssýnataka af mannbæra kláfnum við Sveinstind.

Heildarstyrkur svifaurs, styrkur uppleystra efna og kornastærð var greind á aurburðarstofu Vatnamælinga. Fingerðari hluti sýnanna (<0,063 mm) var greindur með setvog en grófari korn (>0,063 mm) með sigtun. Í heilduðu sýnunum var hver sýnaflaska greind sér en vegið meðaltal reiknað út frá rúmmáli hverrar flösku.

Venjulega eru niðurstöður hefðbundinna svifaurssýna settar fram í 5 kornastærðarflokkum (tafla 1), en hér var gerð einfaldari mæling á punktýnunum og því eru

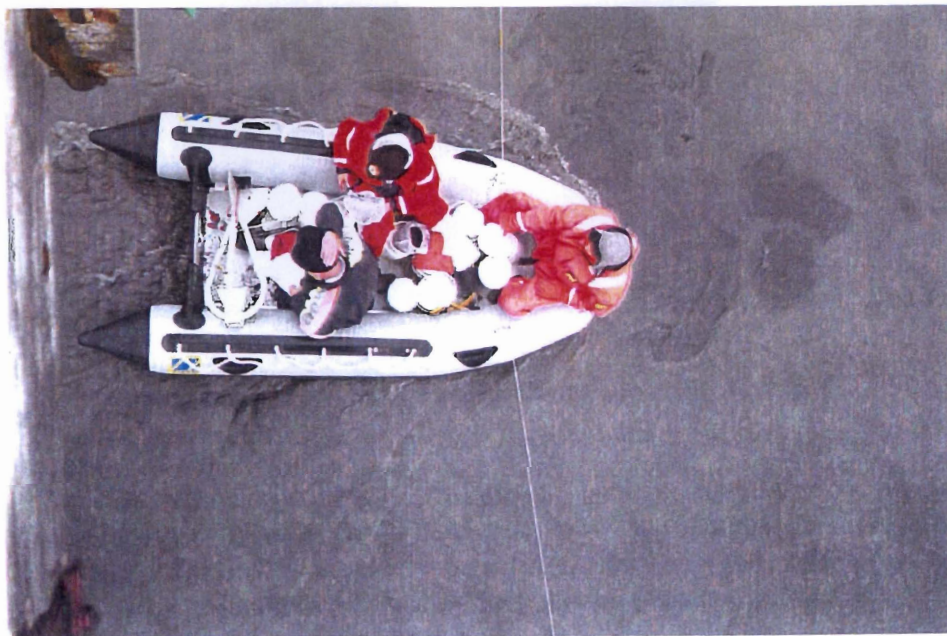
Venjulega eru niðurstöður hefðbundinna svifaurskýna settar fram í 5 kornastærðarflokkum (tafla 1), en hér var gerð einfaldari mæling á punktsýnunum og því eru niðurstöður fingerdustu kornastærðanna (leirs <0,002 mm og mélu 0,02–0,002 mm) settar fram sameiginlega (leir/méla <0,02 mm).

Tafla 1: Kornastærðarflokkar svifaurskýna.

Kornastærðarflokkur	Kornastærð (mm)
Sandur	>0,2
Grófmór	0,2-0,06
Fínmór	0,06-0,02
Méla	0,02-0,002
Leir	<0,002

2.2 Skriðaurssýni

Skriðaurssýni voru tekin af mannbæra kláfnum við Sveinstind í báðum sýnatökuferðum ársins 2001. Sýnataka fór fram á þann máta að tveir menn sátu í skúffu kláfsins og stjórnðu Helley Smith skriðaurssýnataka með 3×3” sýnatökuopi. Í gúmmibát fyrir neðan kláfinn voru hins vegar þrír menn sem sáu um að stjórna bátnum og ganga frá sýnum í fötur (mynd 3). Með þessari uppsetningu gekk sýnataka hratt fyrir sig þar sem ekki þurfti að keyra kláfinn fram og til baka til þess að skipta um sýnatökupoka fyrir hvert sýni. Öll sýnin voru vegin þegar komið var til Reykjavíkur og þurrkuð í ofni við 60°C áður en 20 þeirra voru þurrsigtuð á aurburðarstofu Vatnamælinga. Stærsta sigtið, sem var notað, var 64 mm og það minnsta 0,063 mm, en þar á milli hlupu sigtin á hálfri phi-stærð. Phi (ϕ) kvarðinn er mikið notaður við útreikninga á afleiddum kornastærðar-eiginleikum enda einfaldar notkun hans mjög tölfræðilega útreikninga.



Mynd 3: Skriðaurssýnataka af mannbæra kláfnum við Sveinstind. Helley Smith skriðaurssýnatakinn liggur aftast í gúmmibátnum.

Í þessari rannsókn er ϕ -kvarðinn notaður við útreikninga á kornastærð skriðaus og eru ϕ -gildi reiknuð á eftirfarandi hátt:

$$\phi = -\log_2(d)$$

þar sem d er þvermál korna í mm.

Tafla 1 sýnir samanburð á stærðum í mm og stærðum í ϕ .

Tafla 1: Samanburður stærða í mm og í ϕ -gildum.

mm	phi (ϕ)
64,0	-6,0
44,8	-5,5
32,0	-5,0
22,4	-4,5
16,0	-4,0
11,2	-3,5
8,00	-3,0
5,60	-2,5
4,00	-2,0
2,80	-1,5
2,00	-1,0
1,40	-0,5
1,00	0,0
0,70	0,5
0,50	1,0
0,350	1,5
0,250	2,0
0,177	2,5
0,125	3,0
0,088	3,5
0,063	4,0
<0,063	þanna

Í skýrslunni eru kornastærðargögnin sett fram sem safntíðniferlar á línulegum ϕ -kvarða. Tölfræðilegir eiginleikar sýnanna voru reiknaðir út með afleiðuaðferð (moment statistics) og er hér sýnt hvernig meðalstærð (mean), aðgreining (sorting) og skakki (skewness) eru reiknuð.

$$\text{Meðalstærð} \quad \bar{x}_\phi = \frac{\sum fm}{n}$$

$$\text{Aðgreining} \quad \sigma_\phi = \sqrt{\frac{\sum f(m - \bar{x}_\phi)^2}{100}}$$

$$\text{Skakki} \quad \overline{Sk}_\phi = \frac{\sum f(m - \bar{x}_\phi)^3}{100\sigma_\phi^3}$$

þar sem f táknar þungaprósentu í hverjum kornastærðarflokki fyrir sig og m er miðja hvers kornastærðarflokks í ϕ . Afleiddir kornastærðareiginleikar voru eingöngu

reiknaðir á efni stærra en 0,063 mm og því var efni sem kom í pönnu við sigtun sleppt. Í öllum tilfellum var þetta efni <1,5% af heildarþunga sýnisins og í langflestum sýnum minna en 1%.

Meðalstærð táknar einfalt stærðarmeðaltal, en aðgreining sýnir í raun staðalfrávik gagnanna. Því betri sem aðgreiningin er, því lægra verður aðgreiningargildið, halli á safntíðniferlinum meiri og sýnið einsleitara að stærð. Skakki segir hins vegar til um lögum tíðniferils sýnisins hvað viðkemur ósamhverfu hans. Ef dreifing grófari hluta sýnisins er meiri en finni hluta þess er sagt að sýnið hafi “hala” af grófu efni og er talað um neikvæðan skakka. Jákvæður skakki gefur hins vegar til kynna að sýnið hafi “hala” af fínu efni og er þá skakkagildið tiltölulega há jákvæð tala.

Gögnin um skriðaur eru sett fram á sama hátt fyrir báðar ferðirnar, þar sem fyrst er þyngd allra sýnanna sýnd í g og þá í g/s þar sem búið er að deila með tímanum sem skriðaurssýnatakinn safnaði í sig sýninu við botninn. Báðar myndirnar eru sýndar þar sem sýnatakinn var ekki alltaf jafn lengi niðri á botni. Þá er sýnd tafla með útreiknuðum framburði skriðaus.

Heildarframburður skriðaus var reiknaður í þrepum. Fyrst var meðalframburður á hverri stöð reiknaður á eftirfarandi hátt:

$$\text{Meðalframburður á stöð } j: q_{bj} = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} \frac{M_i}{t_i d}$$

þar sem M_i er massi sýnis i (í grömmum), t_i er söfnunartíminn (í sekúndum) fyrir sýni i , d er þvermál sýnatökuupsins (0,0762 m) og n_j er heildarfjöldi sýna á stöð j .

Heildarframburður skriðaus gegnum þversniðið var síðan reiknaður með eftirfarandi jöfnu:

Heildarframburður gegnum þversniðið:

$$Q_b = \frac{q_{b1}}{2} x_1 + \frac{q_{b1} + q_{b2}}{2} x_2 + \dots + \frac{q_{bn-1} + q_{bn}}{2} x_n + \frac{q_{bn}}{2} x_{n+1}$$

þar sem Q_b er í g/s og x merkir fjarlægð í m milli sýnatökustaða; á milli ysta sýnatökustaðar og vatnsbakka, eða þar sem straumur byrjar (World Meteorological Organization, 1994).

Í skýrslunni er einnig reiknaður framburður á milli sýnatökustaða þar sem auðveldara er að setja þær niðurstöður fram á myndrænan hátt:

$$\text{Framburður á milli sýnatökustaða: } \psi = q_{bj} \cdot L_j$$

þar sem L_j er fjarlægð milli miðjupunkta á milli stöðva næst stöð j ; en fjarlægðin frá árbakka að ysta sýnatökustaðnum er helminguð. Summa þessara gilda þvert yfir þversniði árinna er jöfn fyrreiknuðu Q_b .

3 NIÐURSTÖÐUR

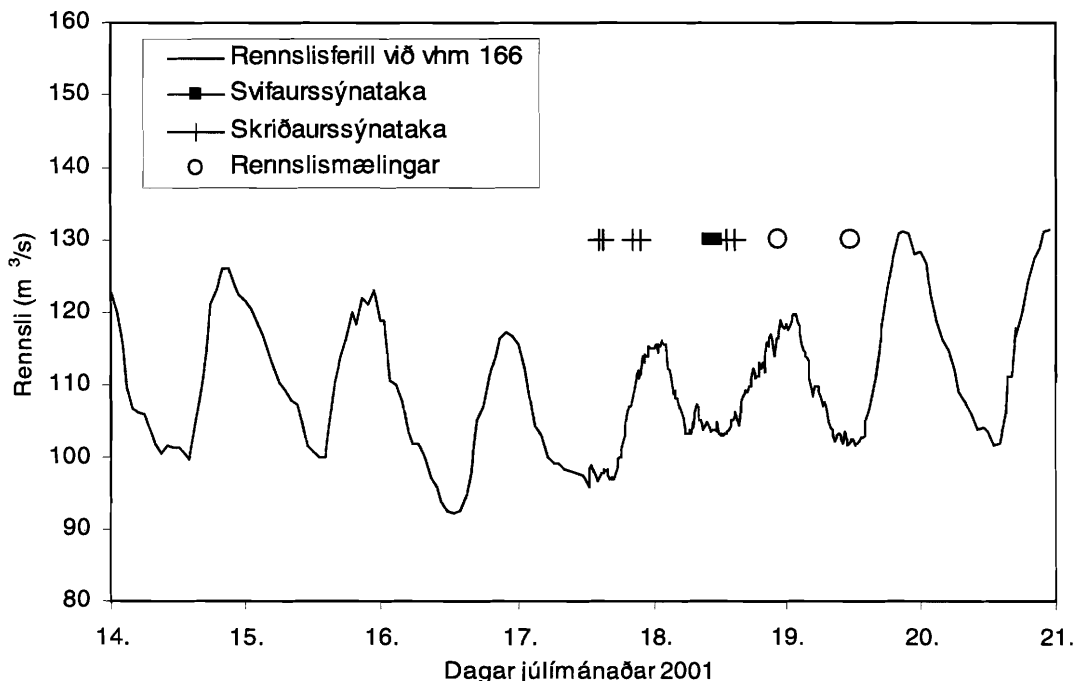
3.1 Fyrri sýnatökuferð 17.–19. júlí

Fyrri sýnatökuferðin fór fram dagana 17.–19. júlí 2001 í þungbúnu veðri þar sem gekk á með skörpum skúrum. Á þessum tíma voru gerðar tvær rennslismælingar, tekin tvö heilduð svifaurssýni, sem greind voru sem 10 sýnaflöskur, 31 punktsýni og 59 skriðaurssýni. Á mynd 4 má sjá tímasetningu þessara mælinga og rennslisferil dagana fyrir og eftir sýnatökuna út frá gögnum úr Campbellmæli.

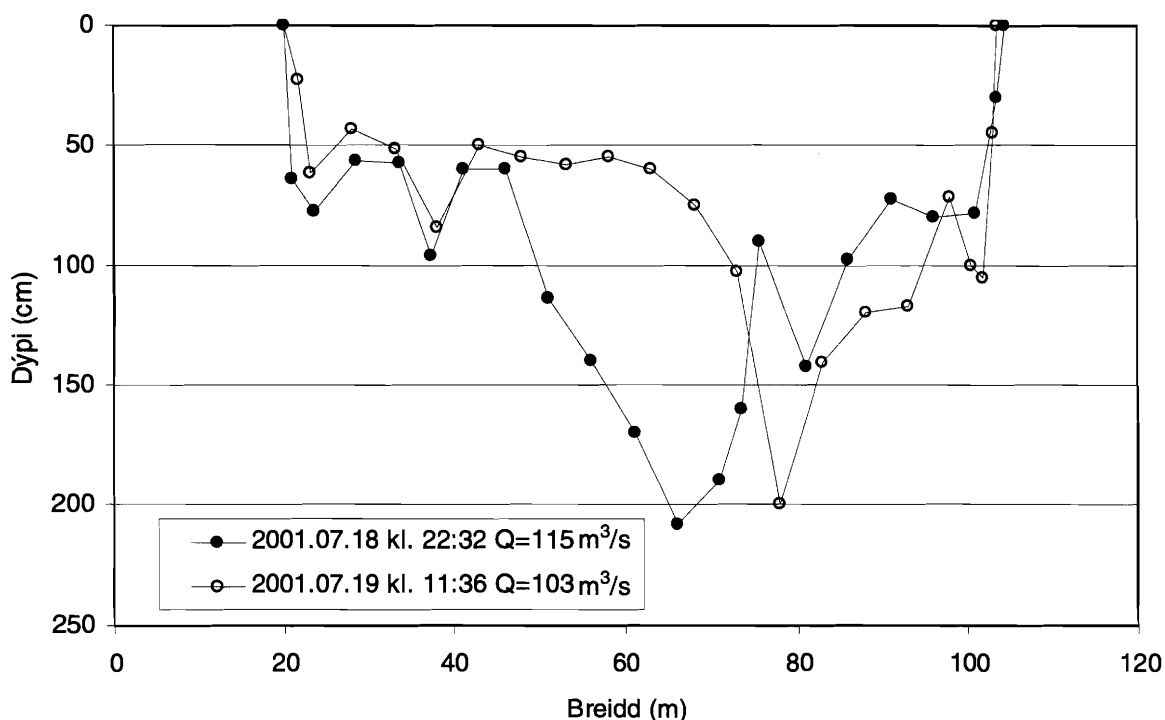
3.1.1 Rennsli og dýpi

Mynd 4 sýnir að dagssveifla rennslis var nokkuð regluleg dagana fyrir og eftir sýnatökuna. Rennslismælingarnar, sem gerðar voru 18. júlí kl. 22:32 við hámark dagssveiflu og 19. júlí kl. 11:36 við lágmark dagssveiflu, gáfu annars vegar 115 m³/s og hins vegar 103 m³/s. Báðar mælingarnar féllu á gildandi rennslislykil, sú fyrri með – 3,1% frávik og sú síðari með 3,4% frávik (Vatnamælingar 2002).

Eins og sjá má á mynd 5 breytti botn árinna sér mikið á þessum rúmlega hálfra sólarhring sem leið á milli rennslismælinganna. Hafa ber þó í huga að á myndinni er dýpið ekki sett inn í staðlaða hæð þar sem um bátamælingar var að ræða. Hins vegar eru hér, eins og í eftirfarandi texta, allar breiddir miðaðar við 0-punkt á kláfi, sem í fyrri sýnatökuferðinni var í um 18 m fjarlægð frá hægri bakka. Þessi dýptarmunur á milli mælinganna sýnir vel hversu síbreytilegur farvegur árinna er rétt ofan við kláfinn, sem bendir til að botnskrið sé töluvert í farveginum.



Mynd 4: Rennsli við Sveinstind (vhm 166) dagana 14.–21. júlí 2001 út frá gögnum Campbellmælis. Tímasetning svifaurss- og skriðaurssýnatöku og rennslismælinga er einnig sýnd.



Mynd 5: Dýptarsnið um 200 m ofan við vhm 166 við Sveinstind samkvæmt rennslismælingum dagana 18. og 19. júlí 2001.

3.1.2 Hefðbundin punktsýni

Í fyrri umferð svifaurskýnatökunnar (18. júlí) átti að taka heilduð sýni (100%-0% af dýpi) á fimm sniðum á þversniðinu (40, 50, 60, 70 og 80 m) og síðan punktsýni á sömu breiddum í 50%, 80%, 90%, 95% og 100% af dýpi hvers sniðs, miðað við að 100% dýpi sé 10 cm ofan við botn árinna. Í seinni umferðinni átti að taka heilduð sýni af sömu breiddum (5 sýni). Ekki tókst að halda sig við þessa áætlun í fyrri umferðinni þar sem sýnatakinn bilaði þegar enn átti eftir að taka heilduðu sýnin fimm og öll nema 100% punktsýnið í 80 m sniðinu. Hins vegar hafði aukasýni verið tekið daginn áður (17. júlí) með punktsýnataka og var það greint sem fimm heilduð sýni til samanburðar við punktsýnin (hver flaska greind sérstaklega). Í seinni umferðinni 19. júlí voru tekin fimm heilduð sýni með punktsýnataka. Niðurstöður punktsýnanna eru settar fram í töflu 2 og á myndum 7 til 11, en fjallað verður um hin heilduðu sýnin í kafla 3.1.3.

Punktsýnatakan þann 18. júlí tók aðeins 36 mínútur og eins sjá má á mynd 6 var rennsli nokkuð stöðugt á þeim tíma, eða 104–105 m³/s. Eins og í fyrri punktsýnamælingum Vatnamælinga var styrkur uppleystra efna ekki mældur en miða má við að hann hafi verið svipaður og í sýni sem tekið var kl. 15:36 þann 19. júlí, eða 75 mg/l.

Í töflu 2 og á mynd 7 má sjá að heildarsvifaursstyrkur fer ört vaxandi með dýpi í 40, 50 og 60 m sniðunum að undanskildu sýni af 100% dýpi í 40 m sem inniheldur lægri styrk heildarsvifaurs en sýni af 95% dýpi. Þessi mikla styrk aukning með dýpi sýnir að mikið efni er á ferðinni á þessum breiddum í þversniðinu og að straumur er tiltölulega mikill næst botni. Heildarstyrkur vex hins vegar ekki jafn mikið með dýpi í 70 m sniðinu sem bendir til að ýmist hafi lítill aur verið á ferðinni í þessu sniði, straumur hafi ekki verið

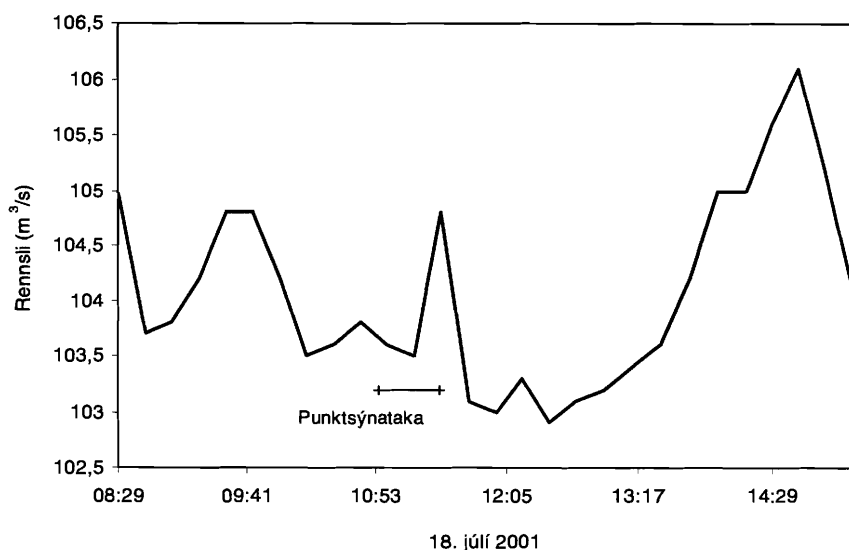
nógu mikill til þess að lyfta aurnum í sviflausn, eða að báðar aðstæður hafi verið ríkjandi. Aðeins eitt sýni er til af 80 m í þessari punktsýnatökusyrpu (100% dýpi) og því ekki hægt að meta breytingar með dýpi.

Meðaltal punktsýnanna úr hverju sniði er einnig sýnt á mynd 7 en því miður eru ekki til heilduð sýni í gegnum allan vatnsbolinn frá sama tíma til þess að bera niðurstöðurnar saman við punktsýnin. Ef miðað er við heilduðu sýnin sem tekin voru daginn áður (tafla 3) sést að heildarstyrkur þeirra er svipaður eða mitt á milli punktsýna af 50% og 80% dýpi. Þessi samanburður er hins vegar frekar ómarktækur þar sem ástand árinna hefur að öllum líkindum breyst verulega á milli sýnatökudaganna eins og hinar miklu farvegsbreytingar á milli rennslismælinganna gefa til kynna (mynd 5).

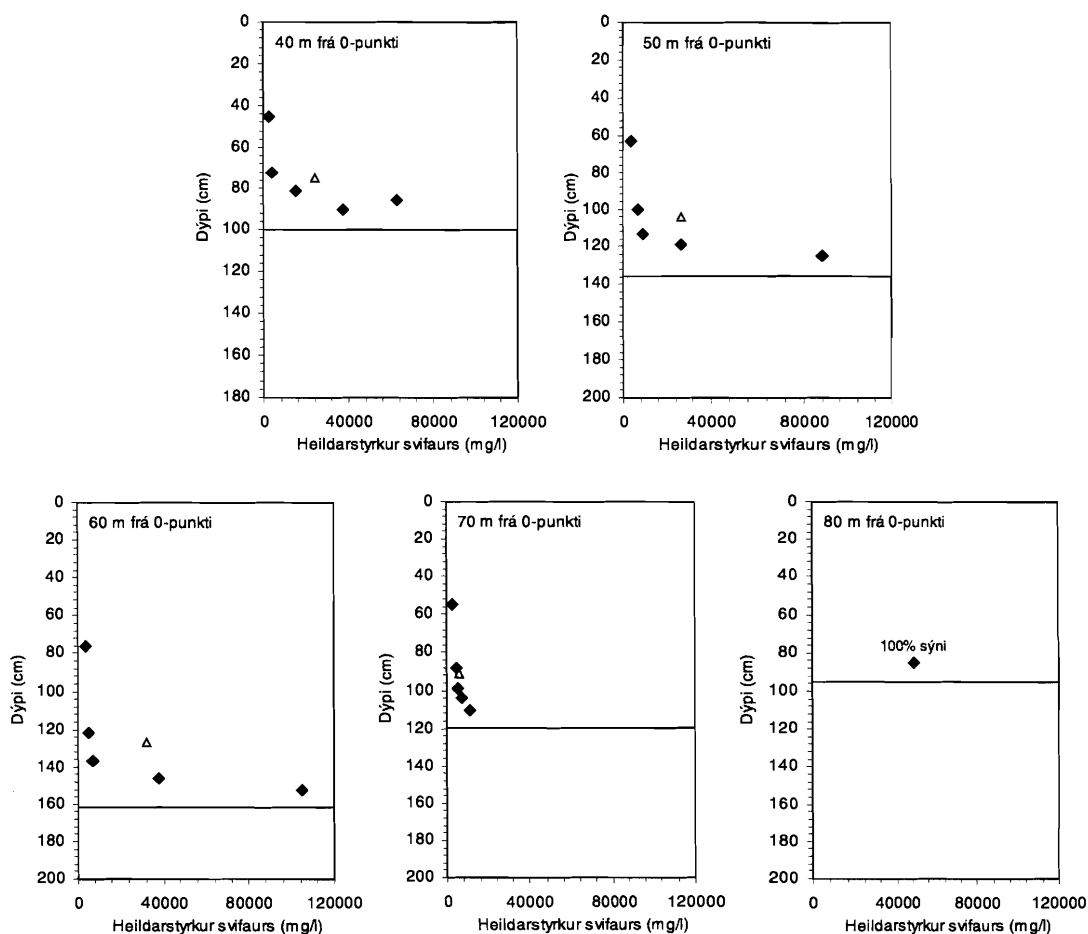
Á myndum 8 til 11 má sjá breytingar á aurstyrk með dýpi í hverju sniði og í hverjum kornastærðarflokki fyrir sig. Greinilegt er að breytingar með dýpi eru mismunandi eftir kornastærðarflokkum og má í raun skipta þeim í tvo hluta, annars vegar leir/mélu (<0,02 mm) og fínmó (0,02–0,06 mm) og hins vegar grófmó (0,06–0,2 mm) og sand (>0,2 mm).

Tafla 2: Niðurstöður punktsýnaumferðar við Sveinstind þann 18. júlí 2001.

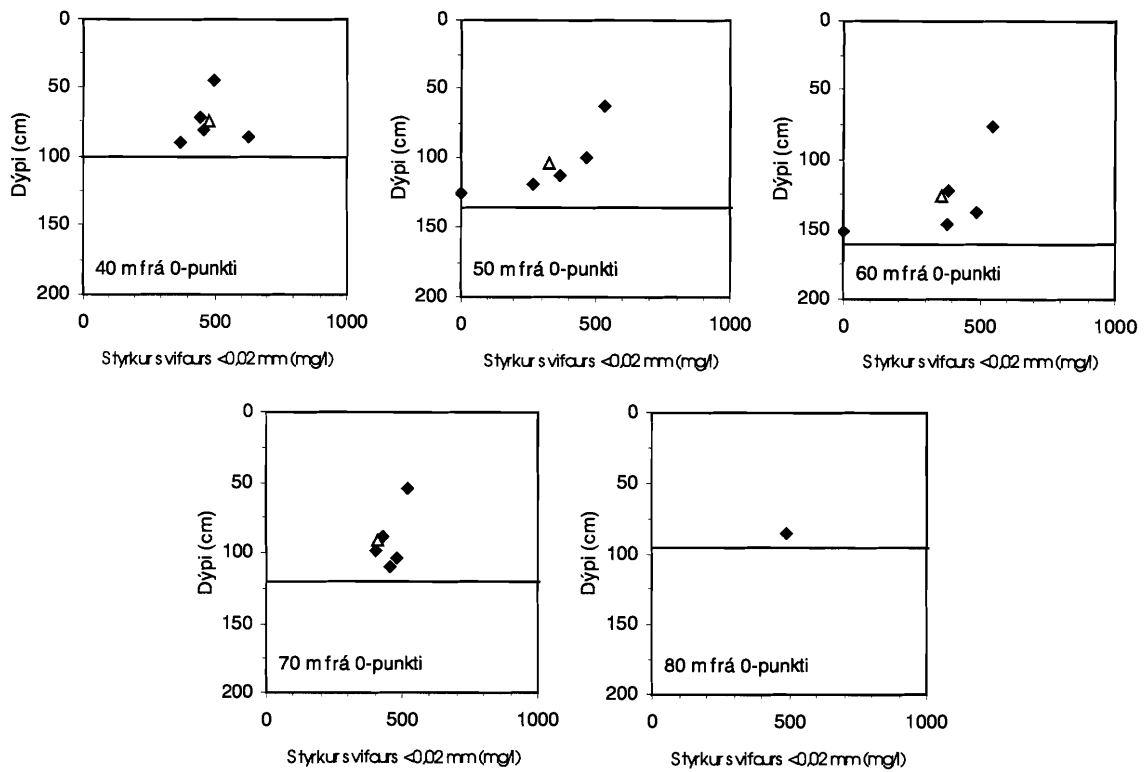
Dags.	Kl.	Fjarlægð frá 0-punkti	Raundýpi botns (cm)	Dýpi í % frá yfirborði	Dýpi sýnis (cm)	Aurstyrkur (mg/l)	Aurstyrkur kornastærða (mg/l)				Stærsta korn (mm)
							<0,02 mm	0,02-0,06 mm	0,06-0,2 mm	>0,2 mm	
2001.07.18	10:55	40	100	50	45	2612	496	444	1385	287	0,3
2001.07.18	10:54	40	“	80	72	3707	445	445	2076	741	0,7
2001.07.18	10:53	40	“	90	81	15139	454	454	5602	8629	0,9
2001.07.18	10:49	40	“	95	86	63084	631	0	16402	46051	2,7
2001.07.18	10:45	40	“	100	90	37167	372	372	9663	26760	4,1
2001.07.18	11:07	50	135	50	63	3544	532	496	2197	319	1,5
2001.07.18	11:06	50	“	80	100	6676	467	467	4740	1002	0,8
2001.07.18	11:04	50	“	90	113	9138	366	457	6305	2010	0,8
2001.07.18	11:03	50	“	95	119	27032	270	541	11624	14597	1,7
2001.07.18	11:01	50	“	100	125	88239	0	882	26472	60885	2
2001.07.18	11:16	60	162	50	76	3906	547	508	2343	508	0,9
2001.07.18	11:18	60	“	80	122	4802	384	528	3266	624	0,9
2001.07.18	11:14	60	“	90	137	7035	492	422	4503	1618	0,8
2001.07.18	11:13	60	“	95	146	37923	379	379	9860	27305	1,3
2001.07.18	11:12	60	“	100	152	105153	0	0	13670	91483	1,8
2001.07.18	11:26	70	120	50	55	2481	521	471	1315	174	0,9
2001.07.18	11:24	70	“	80	88	4312	431	560	2717	604	0,7
2001.07.18	11:23	70	“	90	99	5033	403	352	3221	1057	0,6
2001.07.18	11:21	70	“	95	104	6905	483	553	4005	1864	0,9
2001.07.18	11:21	70	“	100	110	11365	455	568	5455	4887	1
2001.07.18	11:29	80	95	100	85	48841	489	488	9768	38096	2,9



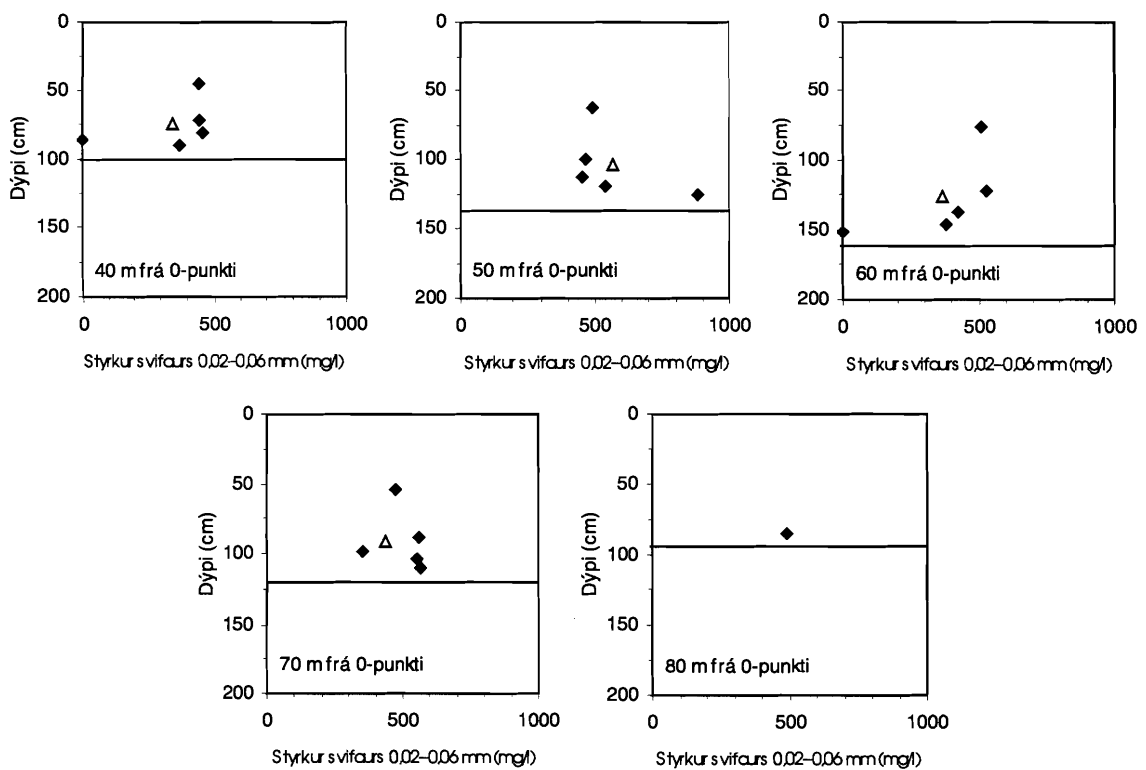
Mynd 6: Rennsi samkvæmt Campbellgögnum síritandi vatnshæðarmælis við Sveinstind á meðan punktsýnataka fór fram þann 18. júlí



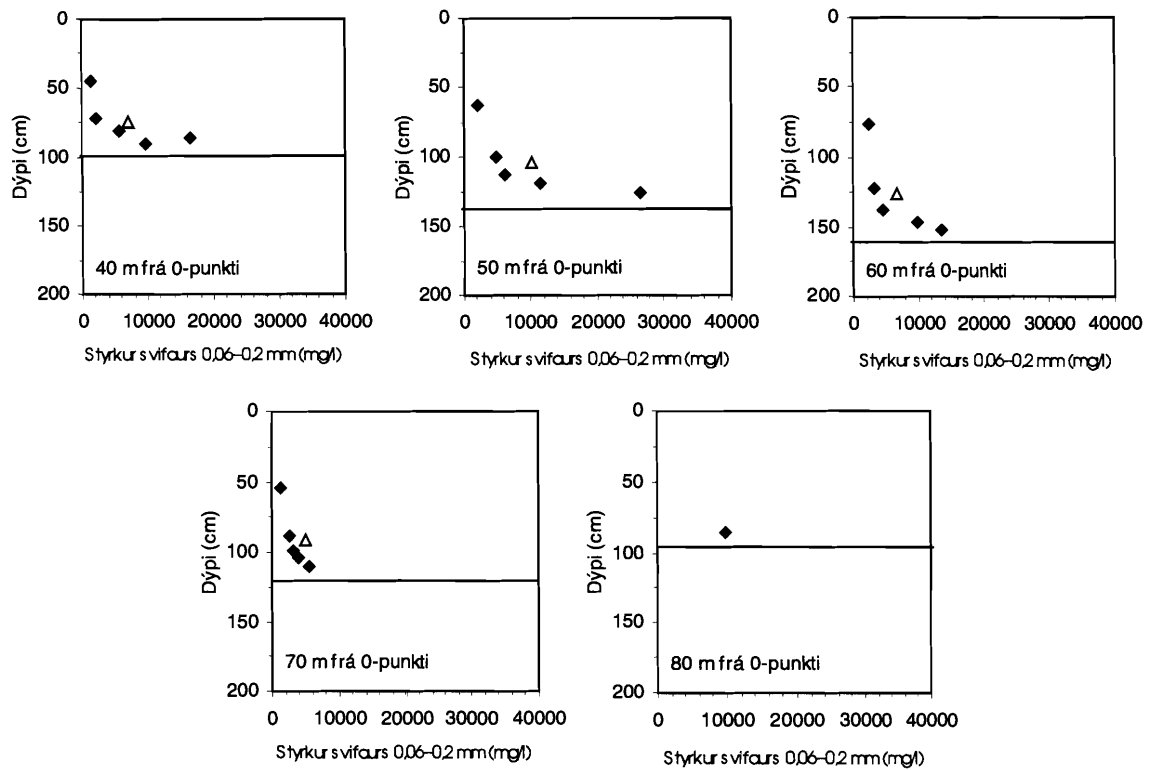
Mynd 7: Styrkur heildarsvífaurs í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 18. júlí 2001. Sýnum var safnað á 50, 80, 90, 95 og 100% dýpi, miðað við að 100% dýpi sé 10 cm ofan við botn árinna. Opnir þríhyrningar tákna meðalaurstyrk punktsýnanna fimm í hverju sniði. Lárétta strikið markar raundýpi botns. Skýringarnar eiga einnig við myndir 8–11.



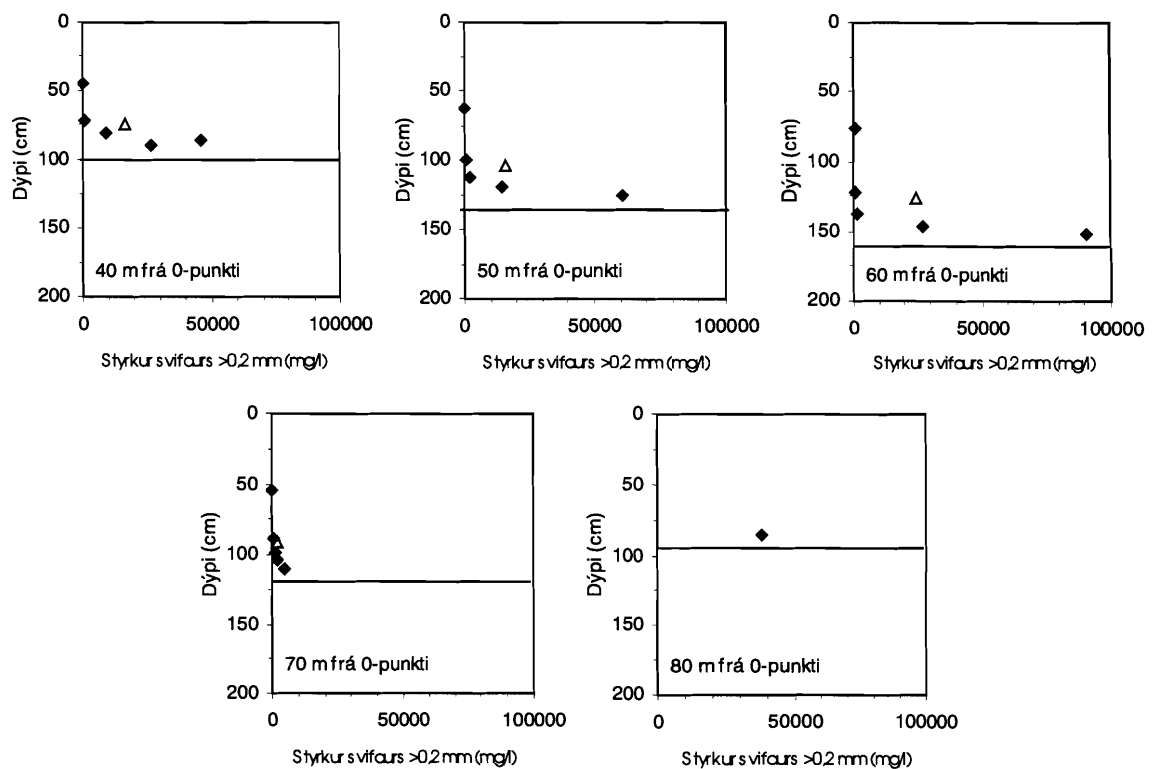
Mynd 8: Styrkur svifaurs <math><0.02\text{ mm}</math> í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 18. júlí 2001.



Mynd 9: Styrkur svifaurs 0.02–0.06 mm í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 18. júlí 2001.



Mynd 10: Styrkur svifaus 0,06–0,2 mm í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 18. júlí 2001. Ath. breytan kvarða.



Mynd 11: Styrkur svifaus >0,2 mm í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 18. júlí 2001. Ath. breytan kvarða.

Í fíngerðari kornastærðarflokkunum (myndir 8 og 9) er breytingin með dýpi í sniðum 40 og 60 m lítil eða óregluleg, en í sniðum 50 og 60 m er hins vegar töluverð breyting með dýpi. Í minnsta kornastærðarflokknum (<0,02 mm) minnkar styrkur með dýpi í bæði 50 og 60 m sniðunum, og í fínsmólflokknum (0,02–0,06 mm) eykst styrkur með dýpi í 50 m en minnkar með dýpi í 60 m. Að styrkur fíngerðustu flokkanna skuli minnka jafn mikið með dýpi og raun ber vitni er óvænt, en útskýrist þó þegar litið er á aurstyrk grófari kornastærðarflokkanna. Myndir 10 og 11 sýna styrkbreytingar með dýpi í þeim flokkum og má sjá að styrk aukning er mjög mikil með dýpi og þá sérstaklega í sniðunum frá 40 til 60 m. Hafa ber í huga að myndir 10 og 11 hafa misjafnan kvarða og allt annan kvarða en myndir sem sýna styrk fíngerðari flokkanna. Hinn mikli styrkur grófmós (0,06–0,2 mm) og sérstaklega sands (>0,2 mm) í 50 og 60 m sniðunum hefur afgerandi áhrif á styrk fíngerðari kornastærða þar sem styrkur hvers kornastærðarflokks er fundinn með prósentuútreikningum út frá heildarsvifaurstyrk, en í slíkum útreikningum lækkar ein prósentutalan þegar önnur hækkar. Þannig þarf raunverulegur styrkur fínsmós ekki að minnka jafn áberandi mikið með dýpi í 60 m sniðinu, eins og mynd 10 gefur í skyn, heldur er þessi breyting að miklu leyti til komin vegna hins gífurlega háa sandstyrks í neðstu sýnum 60 m sniðsins (sandstyrkur í 100% sýni er meira en tveimur stærðargráðum hærra en styrkur fínsmós á öllum dýpum). Sandstyrkur eina sýnisins sem náðist í 80 m var einnig nokkuð hár eða tæplega 40.000 mg/l, en við töku þessa sýnis stíflaðist sýnatakinn og náðist ekki að laga hann til þess að klára sýnatökuna.

Hinn háí sand- og grófmósstyrkur í neðstu sýnum 40, 50 og 60 m sniðanna bendir til að á þessum breiddum sé mjög mikill sandframburður niðri við botn. Þó er hugsanlegt að sýnatakinn hafi náð að grafast aðeins niður í sandbotninn við sýnatökuna og því safnað í sig hluta þess aurburðar sem venjulega flokkast sem skriðaur. Hins vegar ber að hafa í huga að ef straumur og iðuköst eru nógu mikil geta sandkorn auðveldlega skoppað í töluverðri hæð yfir botni og jafnvel borist langar vegalengdir sem svifaur.

Eftir að þessi mikli sandflutningur á 100% dýpi kom í ljós var ákveðið að í næstu sýnatökuförð yrði sýnatökunni breytt þannig að í stað sýnis á 100% dýpi yrði tekið sýni á 10% dýpi.

3.1.3 Önnur heilduð svifaurssýni

Tvö heilduð svifaurssýni voru tekin 17. og 19. júlí á sömu breiddum og punktsýnin voru tekin þann 18. júlí. Sami sýnataki var notaður og við punktsýnatökuna og var hver flaska greind sérstaklega í þessum sýnum (alls 10 flöskur). Að auki var reiknað út vegið meðaltal hvorrar sýnatökumferðar fyrir sig. Kornastærðarniðurstöður hvernar flösku og vegið meðaltal þeirra eru settar fram í töflu 3.

Í töflu 3 má sjá að heildarsvifaurstyrkur og styrkur hvers kornastærðarflokks er mjög mismunandi eftir dögum. Töluvert hærra styrkur sést í sýnum frá 17. júlí, en þau innihalda einnig stærri korn en sýnin frá 19. júlí. Þessi stærðarmunur kemur einnig fram í herra hlutfalli sands í sýni frá 17. júlí. Af þeim fjórum kornastærðarflokkum sem settir eru fram er þó hlutfall grófmós hæst í báðum sýnasyrpum. Munur á rennsli er lítill á milli sýnanna, eða 114 m³/s fyrri daginn og 107 m³/s seinni daginn. Þessi munur er varla nógur til þess að skýra hinn háa styrk í sýnaflöskum sýnis frá 17. júlí.

Breyting á aurburðarstyrk eftir breiddum er einnig mismunandi á milli sýnanna, en væntanlega skýrist hún að mestu leyti með hinum miklu breytingum á dýpt farvegarins

milli sýnatökunnar þann 17. og 19. júlí og breyttum straumskilyrðum tengdum þeim (sjá dýpi sýna í töflu 3 og farvegsbreytingar milli rennslismælinga á mynd 5).

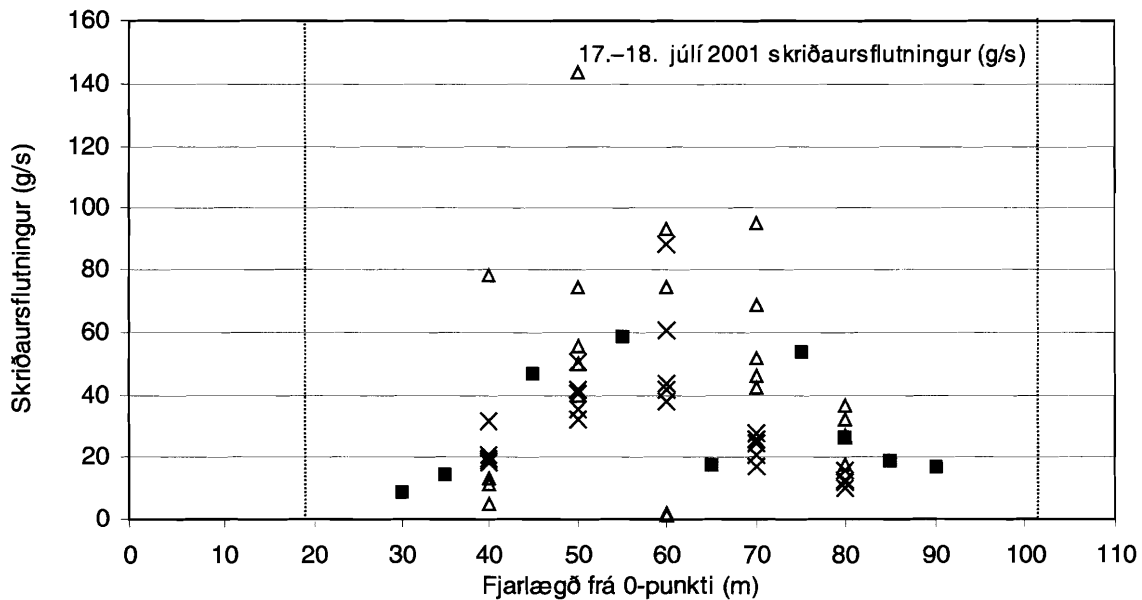
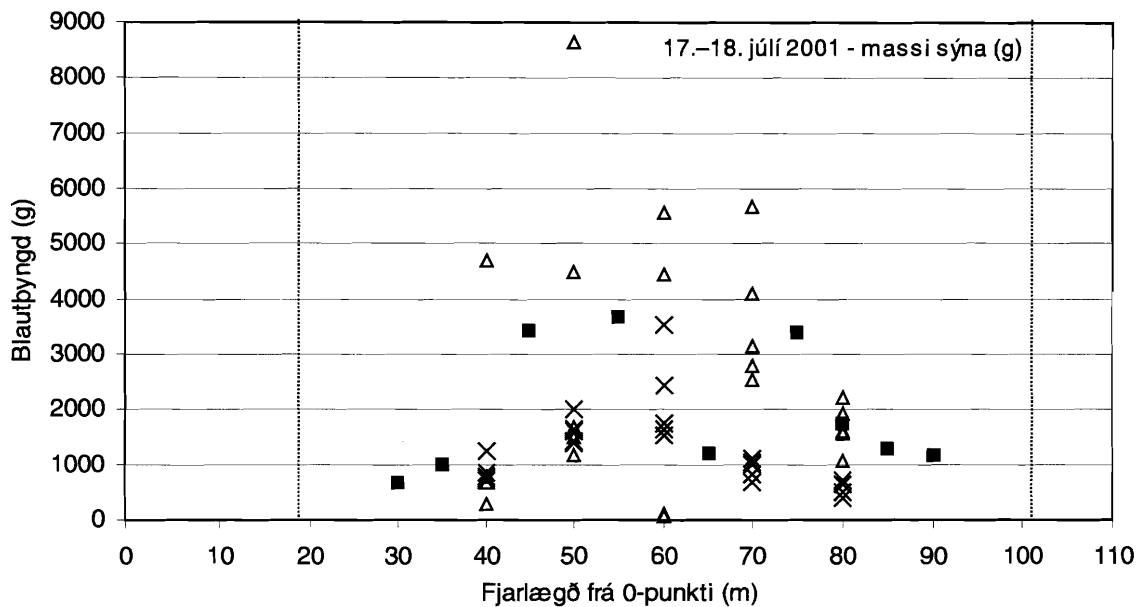
Tafla 3: Heilduð sýni frá 17. og 19. júlí, önnur en hefðbundin punktsýni, og útreiknað vegið meðaltal þessara sýna. Sýnin voru tekin 17. og 19. júlí.

Dags.	Kl.	Fjarlægð frá 0-punkti	Raundýpi botns (cm)	Dýpi í % frá yfirborði	Dýpi sýnis (cm)	Aurstyrkur (mg/l)	Aurstyrkur kornastærða (mg/l)				Stærsta korn (mm)
							<0,02 mm	0,02-0,06 mm	0,06-0,2 mm	>0,2 mm	
2001.07.17	22:04	40	157	heildað	0-147	4381	570	657	2453	701	1
2001.07.17	22:11	50	195	heildað	0-125	3606	577	469	1983	577	1
2001.07.17	22:16	60	130	heildað	0-120	4225	507	549	2282	887	1,1
2001.07.17	22:20	70	142	heildað	0-132	4000	480	480	2240	800	1,2
2001.07.17	22:25	80	86	heildað	0-76	4005	561	561	1842	1041	0,8
Vegið meðaltal fimm heildaðra sýna 2001.07.17 – Q = 114 m³/s						4030	533	534	2160	803	1,2
2001.07.19	15:19	40	81	heildað	0-71	2900	551	609	1421	319	0,8
2001.07.19	15:23	50	82	heildað	0-72	3042	608	730	1430	274	0,7
2001.07.19	15:26	60	85	heildað	0-75	3654	402	913	2010	329	0,7
2001.07.19	15:30	70	85	heildað	0-75	3708	408	890	2039	371	0,8
2001.07.19	15:34	80	150	heildað	0-140	4118	412	865	2182	659	0,6
Vegið meðaltal fimm heildaðra sýna 2001.07.19 – Q = 107 m³/s						3440	477	788	1792	383	0,8

3.1.4 Skriðaurssýni

Skriðaurssýnataka fór fram í þrennu lagi. Fyrst var tekin prufuumferð frá kl. 13:53–14:34 þar sem sýni voru tekin á níu stöðum yfir þversniðið (á 30, 35, 40, 45, 55, 65, 75, 80, 85 og 90 m) til að velja þá sýnatökustaði sem átti að einbeita sér að í framhaldsmælingum. Sjálf sýnataka var hins vegar tvískipt, fyrst voru 25 skriðaurssýni tekin á stöðvum 40, 50, 60, 70 og 80 m (5 á hverjum stað) frá kl. 19:59 til 20:58 þann 17. júlí og síðan önnur 25 skriðaurssýni á sömu stöðum frá kl. 13:16 til 14:38 þann 18. júlí (mynd 12).

Mynd 12 sýnir að þyngdardreifing sýnanna er tiltölulega normaldreifð yfir farveginn þar sem minnst safnaðist í sýnatakann næst bökkunum, þar sem straumur er minnstur, en meira nær miðju farvegsins. Myndin sýnir einnig að mikil dreifing er á þunga og skriðaurframburði innan hvers sniðs. Hins vegar safnaðist mest í sýnatakann í aðalumferðinni þann 17. júlí, enda var meðalrennslíð á sýnatökutímanum þá mest (111 m³/s).



■ 2001.07.17 - prufuumferð (Q=98 m³/s) △ 2001.07.17 (Q=111 m³/s) × 2001.07.18 (Q= 105 m³/s)

Mynd 12: Niðurstöður skriðaursmælinga dagana 17. og 18. júlí, 2001.

Tafla 4 sýnir skiptingu skriðaura eftir stöðvum og heildarskriðauraframburð í hverri sýnatökusyrpu. Ef aðalsýnatökusyrpurnar 17. og 18. júlí eru bornar saman sést að mikill breytileiki er á framburðinum eftir stöðvum. Þann 17. júlí er framburður mestur á 50 og 70 m stöðvunum (9531 og 7947 g/s) en þann 18. júlí er framburðurinn mestur á 50 og 60 m stöðvunum (5230 og 7130 g/s). Greinilegt er samkvæmt dýptarmælingum af botni farvegarins, sem gerðar voru samhliða rennismælingum, að hann var á mikilli hreyfingu (mynd 5), sem útskýrir hina miklu breytingu á framburði með tíma. Framburður var nokkuð meiri þann 17. júlí en þann 18. júlí (tafla 4) sem er í réttu hlutfalli við rennsli. Hins vegar var reiknaður heildarframburður einnig mjög mikill í prufuumferðinni þann 17. júlí þegar meðalrennsli var í raun minnst. Hvort sú háa

mæling sé tilkomin vegna dægursveiflu í aurburði ótengdri rennsli eða vegna annarra sýnatökustaða er hins vegar ekki vitað.

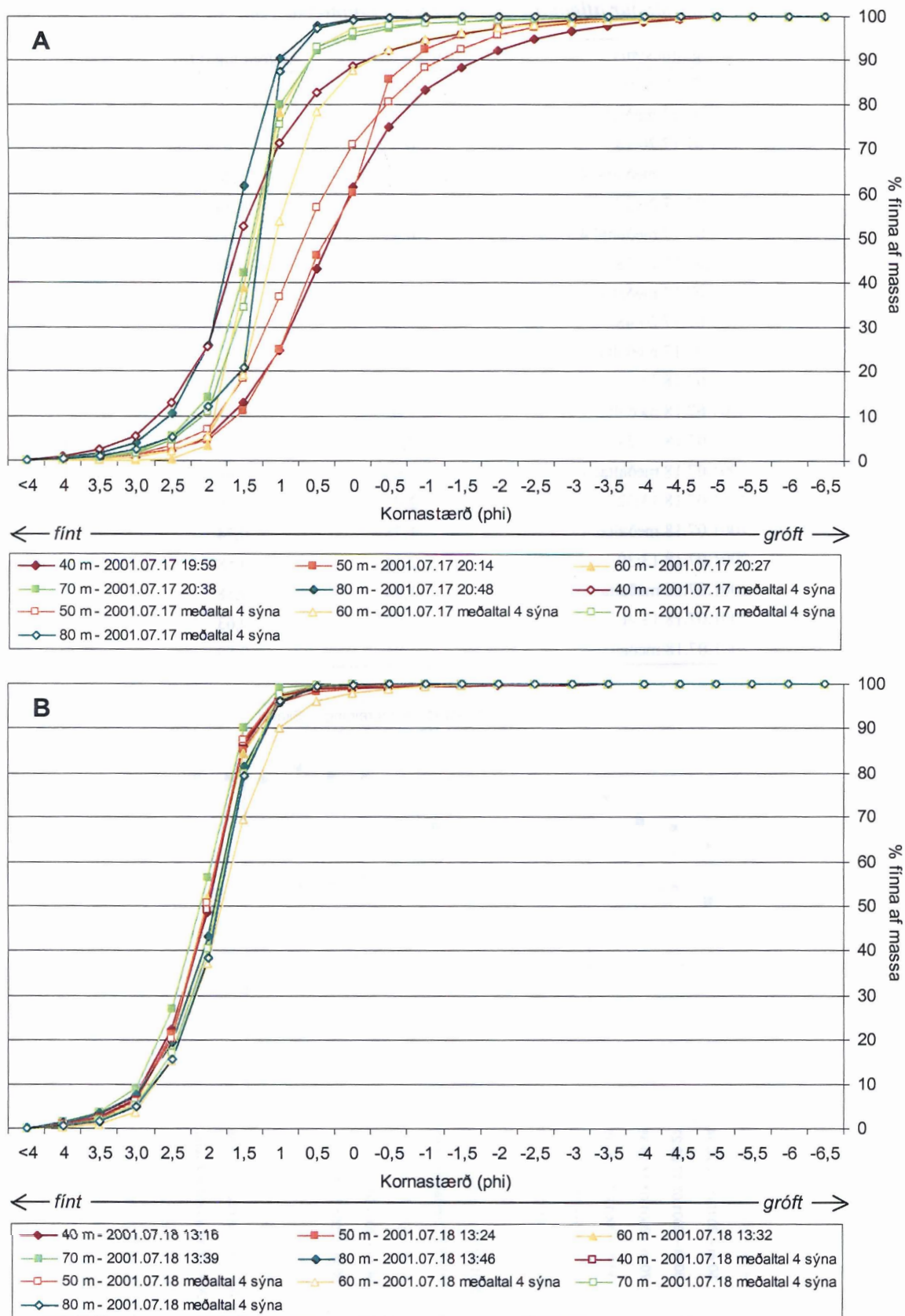
Tafla 4: Samantekt niðurstaðna skriðaursmælinga við Sveinstind 17. og 18. júlí, 2001.

17. júlí 2001 prufuumferð	30 m	35 m	45 m	55 m	65 m	75 m	80 m	85 m	90 m	Meðal Q= 98 m ³ /s
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	7	8	10	10	10	8	5	5	6	
Meðalskriðaurframburður á hverri stöð (g/s/m)	112	188	614	768	230	703	349	249	226	
Heildarskriðaurframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	730	1413	6137	7676	2300	5271	1747	1246	1243	Alls 27764 g/s
17. júlí 2001	40 m	50 m	60 m	70 m	80 m					Meðal Q= 111 m ³ /s
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	14	10	10	10	13					
Meðalskriðaurframburður á hverri stöð (g/s/m)	295	953	450	797	367					
Heildarskriðaurframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	4136	9531	4503	7967	4772					Alls 30909 g/s
18. júlí 2001	40 m	50 m	60 m	70 m	80 m					Meðal Q= 105 m ³ /s
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	14	10	10	10	13					
Meðalskriðaurframburður á hverri stöð (g/s/m)	286	523	713	303	166					
Heildarskriðaurframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	4007	5230	7130	3031	2154					Alls 21552 g/s

3.1.5 Kornastærðargreiningar skriðaurssýna

Úr hvorri aðalumferð skriðaurssýnatökunnar fyrir sig var eitt sýni af hverri breidd kornastærðargreint sérstaklega (5 sýni), en hinum sýnunum fjórum af hverri breidd steipt saman í eitt stórt sýni sem einnig var kornastærðargreint (5 sýni, 1 af hverri breidd). Þetta þýðir að af þeim 59 skriðaurssýnum sem safnað var 17.–18. júlí voru 20 sýni kornastærðargreind á aurburðarstofu VM.

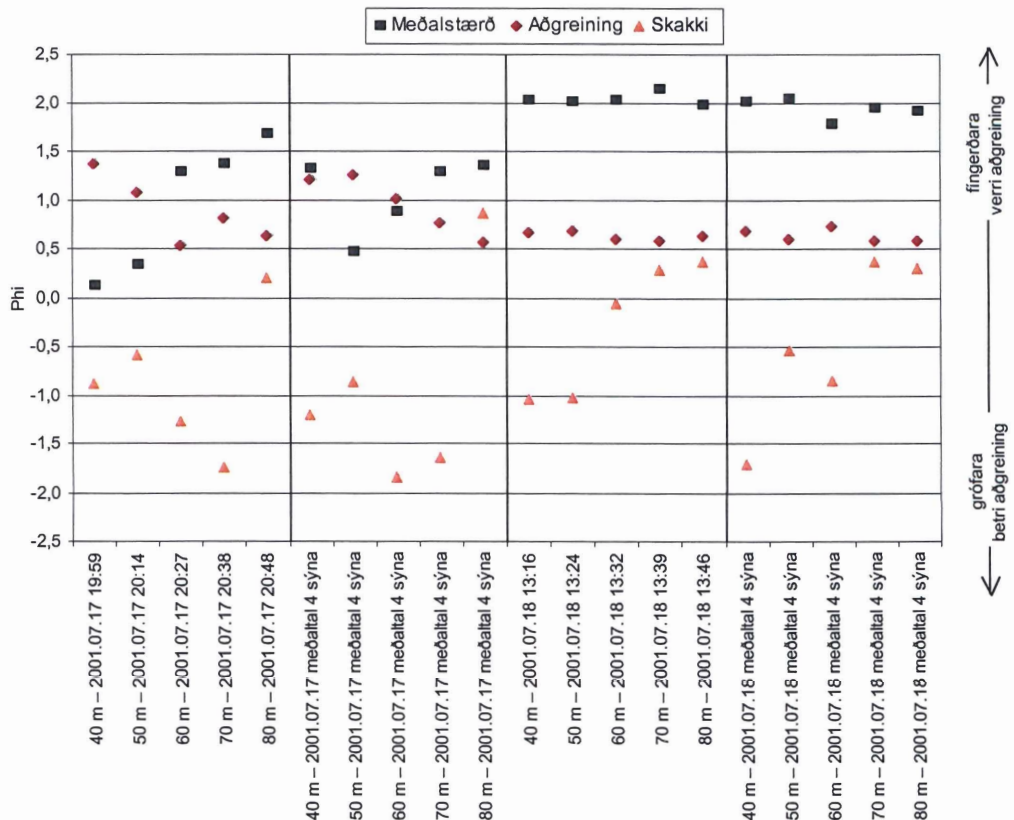
Mynd 13 sýnir niðurstöður kornastærðagreininga þessara skriðaurssýna. Nokkuð meiri dreifing er á kornastærð sýnanna frá 17. júlí en 18. júlí, en sýni sem safnað var á þeim degi eru líka sérstaklega einsleit (mynd 13B). Þessi munur sést enn frekar í töflu 5 og mynd 14 þar sem niðurstöður afleiddra kornastærðareiginleika eru settar fram. Þann 17. júlí er nokkur munur á sumum breiddum á milli samsteyptu sýnanna fjögurra og staka sýnisins. Hann er mestur á 40 m þar sem lengstur tími leið á milli sýnatöku staka sýnisins og samsteyptu sýnanna og útskýrir tímamunurinn því að einhverju leyti mismuninn.



Mynd 13: Niðurstöður kornastærðargreininga á skriðaurssýnum A) frá 17. júlí og B) frá 18. júlí 2001. Ferlar einstakra sýna eru fylltir en meðaltalsferlar fjögurra sýna eru opnir.

Tafla 5: Niðurstöður afleiddra kornastærðareiginleika sýna frá 17. og 18. júlí 2001.

Staðsetning og tími sýnis	Meðalstærð (phi)	Aðgreining (phi)	Skakki (phi)
40 m – 2001.07.17 19:59	0,12	1,37	-0,87
40 m – 2001.07.17 meðaltal 4 sýna	1,32	1,21	-1,20
50 m – 2001.07.17 20:14	0,33	1,07	-0,58
50 m – 2001.07.17 meðaltal 4 sýna	0,47	1,26	-0,86
60 m – 2001.07.17 20:27	1,29	0,54	-1,27
60 m – 2001.07.17 meðaltal 4 sýna	0,87	1,00	-1,84
70 m – 2001.07.17 20:38	1,36	0,81	-1,74
70 m – 2001.07.17 meðaltal 4 sýna	1,29	0,76	-1,64
80 m – 2001.07.17 20:48	1,69	0,64	0,21
80 m – 2001.07.17 meðaltal 4 sýna	1,36	0,56	0,86
40 m – 2001.07.18 13:16	2,03	0,67	-1,04
40 m – 2001.07.18 meðaltal 4 sýna	2,01	0,68	-1,71
50 m – 2001.07.18 13:24	2,01	0,67	-1,02
50 m – 2001.07.18 meðaltal 4 sýna	2,04	0,60	-0,54
60 m – 2001.07.18 13:32	2,03	0,59	-0,05
60 m – 2001.07.18 meðaltal 4 sýna	1,78	0,74	-0,85
70 m – 2001.07.18 13:39	2,14	0,58	0,28
70 m – 2001.07.18 meðaltal 4 sýna	1,94	0,58	0,36
80 m – 2001.07.18 13:46	1,97	0,63	0,37
80 m – 2001.07.18 meðaltal 4 sýna	1,91	0,59	0,30

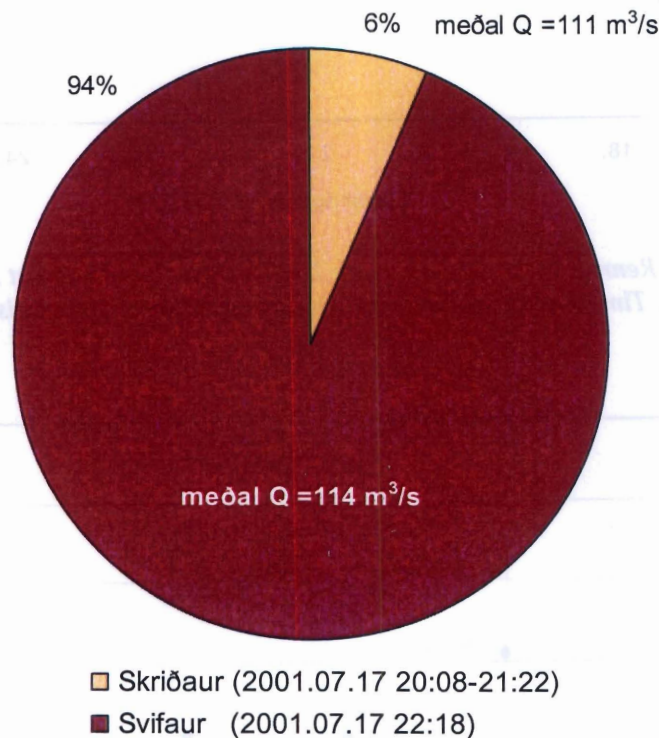


Mynd 14: Niðurstöður afleiddra kornastærðareiginleika skriðaurssýna frá 17. og 18. júlí 2001. Lóðréttar línur afmarka sýni sem eiga saman (5 stök og 5 samsteypt frá 17. júlí, 5 stök og 5 samsteypt frá 18. júlí).

Samkvæmt afleiddu kornastærðareiginleikunum er meðalstærð allra sýnanna frá rúmlega 2 til 0 ϕ , eða sem svarar til misgrófs sands. Kornastærð sýna sem safnað var 17. júlí er töluvert meiri (lægri phi gildi) en sýnanna frá 18. júlí, auk þess sem aðgreining flestra þeirra fyrrgreindu er heldur verri. Sérstaklega eru sýnin af 40 og 50 m grófust og verst aðgreind. Skakkagildi allra sýna frá 17. júlí, nema sýna af 80 m, eru neikvæð sem bendir til að þau innihaldi “hala” af grófu efni. Sýni frá 18. júlí er einnig mismunandi hvað skakkagildi varðar og eru sýni frá 70 og 80 m með jákvæðan skakka (með “hala” af fingerðu efni) en öll hin með neikvæðan skakka.

3.1.6 Samanburður svifaurs og skriðaus

Hægt er að bera saman skriðaus- og svifaursframburð með því að skoða vegið meðaltal heildaðs svifaurskýnis, sem tekið var kl. 22:18 (meðaltal sýnatökutíma) þann 17. júlí (tafla 3), og mælingar á skriðaur gerðar sama dag. Þar kemur í ljós að samkvæmt því sýni er svifaursframburður tæplega 460.000 g/s miðað við að rennslíð hafi verið 114 m³/s en mældur skriðausframburður er tæplega 31.000 g/s eða um 6% af heildarframburði árinna (mynd 15).



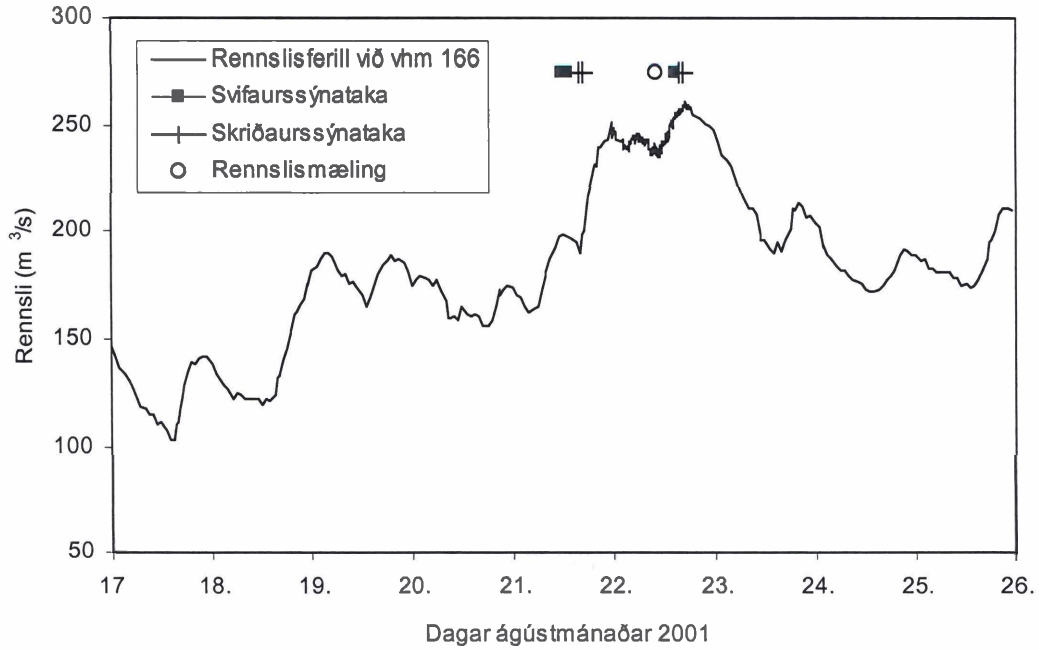
Mynd 15: Samanburður skriðaus- og svifaursframburðar samkvæmt sýnum teknum þann 17. júlí 2001.

3.2 Seinni sýnatökuferð 21.–22. ágúst

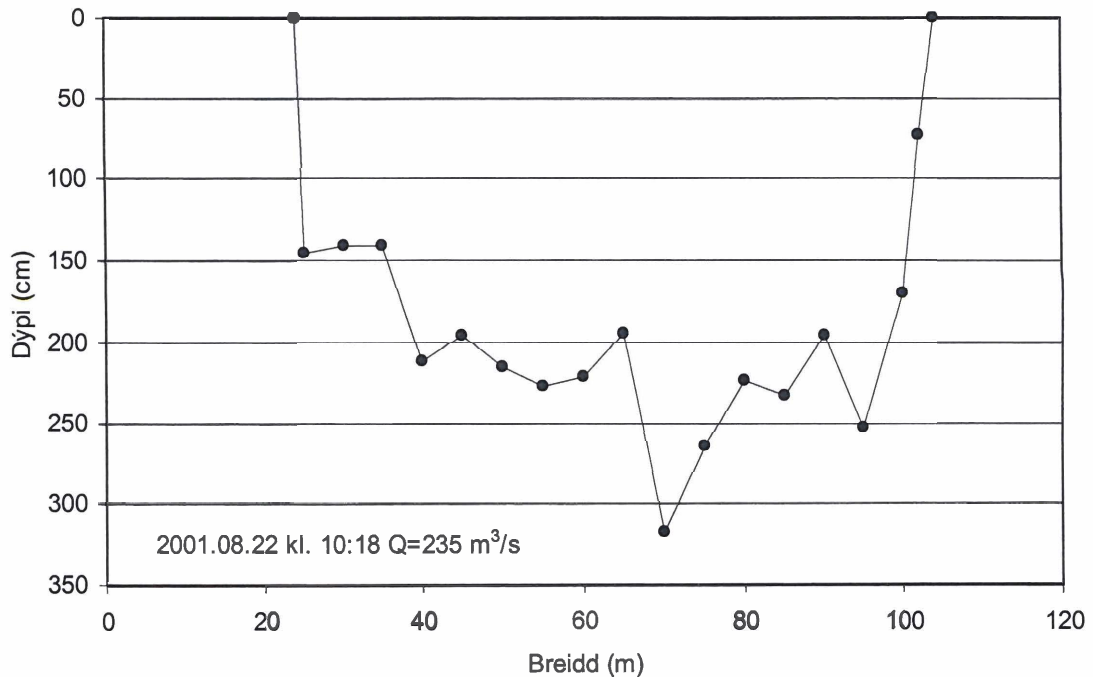
Seinni sýnatökuferðin fór fram 21.–22. ágúst 2002. Þessa tvo daga var rennslismælt einu sinni af kláfnum, tekin 2 heilduð svifaurskýni (sem greind voru sem 10 sýnaflöskur), 30 hefðbundin punktsýni og 55 skriðaurssýni. Mynd 16 sýnir hvenær sýnin voru tekin innan dægursveiflu rennslis sem reiknað er út frá vatnshæðargögnum úr Campbellmæli og gildandi rennslislykli.

3.2.1 Rennsli

Greinilegar dægursveiflur sjást á rennslisferlinum við Sveinstind (mynd 16) þó að rennsli hafi verið mun hærra í seinni hluta sýnatökunnar en dagana á undan. Rennslismælingin var gerð við nokkuð hátt rennsli og sýndi hún 234 m³/s og vék hún frá gildandi rennslislykli nr. 5 um -5,6%.



Mynd 16: Rennsli við Sveinstind (vhm 166) dagana 17.–26. ágúst 2001 út frá gögnum í Campbellmæli. Tímasetning svífaurs- og skriðaurssýnatöku og rennslismælinga er einnig sýnd.



Mynd 17: Dýptarsnið undir kláfi við Sveinstind samkvæmt rennslismælingu þann 22. ágúst 2001.

Mynd 17: Dýptarsnið undir kláfi við Sveinstind samkvæmt rennslismælingu þann 22. ágúst 2001.

Á mynd 17 sést dýptarsnið undir kláfnum eins og það var mælt í rennslismælingu þann 22. ágúst kl. 10:18. Reikna má með að farvegurinn undir kláfnum hafi verið svipaður í seinni hluta skriðaurmælingunnar og hér sést þar sem stuttur tími leið á milli mælingarinnar og skriðaurssýnatökunnar. Hins vegar er ómögulegt að segja til um hvernig farvegurinn var undir kláfnum daginn áður þegar punktsýnataka og fyrri hluti skriðaurssýnatökunnar fór fram, en rennsli var þá töluvert minna.

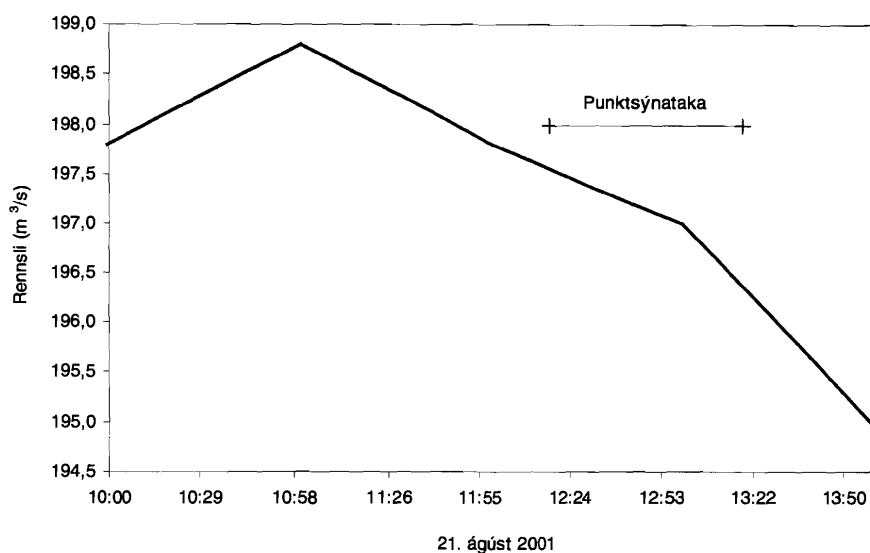
3.2.2 Hefðbundin punktsýni

Í seinni sýnatökufurðinni var áætlað að taka sýni á sömu stöðum og í fyrri sýnatökufurðinni þann 18. júlí þó að ekki væri talið ráðlegt að ná punktsýnum við 100% dýpi vegna hættu á stíflu í sýnatakaum. Í staðinn voru sýni tekin á 10% dýpi. Í þessari ferð náðist að taka öll sýnin sem fyrirhuguð höfðu verið og eru niðurstöðurnar settar fram í töflu 6 og á myndum 19 til 23.

Tafla 6: Niðurstöður punktsýnaumferðar við Sveinstind þann 21. ágúst 2001.

Dags.	Kl.	Fjarlægð frá 0-punkti	Raundýpi botns (cm)	Dýpi í % frá yfirborði	Dýpi sýnis (cm)	Aurstyrkur (mg/l)	Aurstyrkur kornastærða (mg/l)				Stærsta korn (mm)
							<0,02 mm	0,02-0,06 mm	0,06-0,2 mm	>0,2 mm	
2001.08.21	13:19	40	217	heildað	0-207	4376	788	700	2232	656	1,1
2001.08.21	13:18	40	"	10	21	3237	712	745	1424	356	1
2001.08.21	13:17	40	"	50	103	4479	806	851	2195	627	1
2001.08.21	13:16	40	"	80	166	4476	761	761	2193	761	1,1
2001.08.21	13:14	40	"	90	186	5428	651	760	2768	1249	2
2001.08.21	13:13	40	"	95	197	6651	731	865	2993	2062	2
2001.08.21	13:02	50	225	heildað	0-215	4360	785	741	2049	785	0,9
2001.08.21	13:01	50	"	10	22	3617	868	651	1628	470	0,8
2001.08.21	12:59	50	"	50	108	4263	725	853	2046	639	1,4
2001.08.21	12:58	50	"	80	172	5591	783	783	2739	1286	1,5
2001.08.21	12:57	50	"	90	193	5546	610	998	2718	1220	1,5
2001.08.21	12:56	50	"	95	204	7993	719	1039	3597	2638	2
2001.08.21	12:52	60	200	heildað	0-190	4305	775	646	2023	861	0,8
2001.08.21	12:51	60	"	10	19	3137	815	910	1098	314	1,3
2001.08.21	12:49	60	"	50	95	4040	727	727	1778	808	1,4
2001.08.21	12:48	60	"	80	152	5681	625	795	2613	1648	2
2001.08.21	12:47	60	"	90	171	9454	756	851	2931	4916	1,5
2001.08.21	12:46	60	"	95	186	22165	887	887	3768	16623	3,5
2001.08.21	12:36	70	230	heildað	0-220	3981	796	637	1712	836	1,1
2001.08.21	12:35	70	"	10	22	3796	797	759	1670	570	1
2001.08.21	12:33	70	"	50	110	4583	779	687	2200	917	0,9
2001.08.21	12:33	70	"	80	176	6771	745	812	2844	2370	1,5
2001.08.21	12:31	70	"	90	198	7002	770	700	2801	2731	1
2001.08.21	12:30	70	"	95	210	11994	840	1079	3958	6117	2
2001.08.21	12:24	80	180	heildað	0-170	4159	873	457	1872	957	1
2001.08.21	12:23	80	"	10	17	2676	937	722	856	161	0,8
2001.08.21	12:22	80	"	50	85	3946	789	671	1815	671	0,9
2001.08.21	12:21	80	"	80	126	4026	805	886	1731	604	1,8
2001.08.21	12:19	80	"	90	153	5015	752	752	2207	1304	1,1
2001.08.21	12:18	80	"	95	162	8772	789	877	3158	3948	1,5

Mynd 18 sýnir rennslisbreytingar á tíma punktsýnatökunnar. Rennslið fór heldur minnkandi innan klukkutímans sem sýnataka stóð yfir, en breytingin var ekki mikil eða úr rúmum 197,5 í tæpa 196,5 m³/s.



Mynd 18: Rennsli samkvæmt Campbellgögnum síritandi vatnshæðarmælis við Sveinstind á meðan punktsýnataka fór fram þann 21. ágúst.

Styrkur uppleystra efna var ekki reiknaður í punktsýnum en ætla má að hann hafi verið svipaður og í svifaurskýni sem tekið var sama dag kl. 13:43, þ.e. 59 mg/l.

Tafla 6 og mynd 19 sýna að heildarsvifaursstyrkur fer vaxandi með dýpi í öllum sniðum, en eykst þó langmest í 60 m sniðinu þar sem heildarsvifaursstyrkur í 95% dýpi nær rúmlega 22.000 mg/l. Því má gera ráð fyrir að straumur næst botni og/eða aurframburður hafi verið mestur í 60 m sniðinu. Meðaltalsstyrkur punktsýnanna fimm (opnir þríhringir, mynd 19), er svipaður eða litlu hærri en styrkferill punktsýnanna, nema helst í 60 m sniðinu þar sem meðaltalsstyrkur sýnanna er talsvert hærri en ferillinn, enda er heildarstyrkur 95% sýnisins mjög hár. Heildarsvifaursstyrkur heilduðu sýnanna sem tekin voru í hverju sniði (opnir hringir, mynd 19) er hins vegar mjög svipaður og heildarstyrkur punktsýna í 50% dýpi í sömu sniðum og virðist þau því heldur vanmeta heildaðan svifaursstyrk allrar vatnssúlunnar. Í þessari punktsýnatöku er einnig greinilegt að heildarstyrkur svifaurs minnkar óverulega frá 50% dýpi og upp í 10% dýpi.

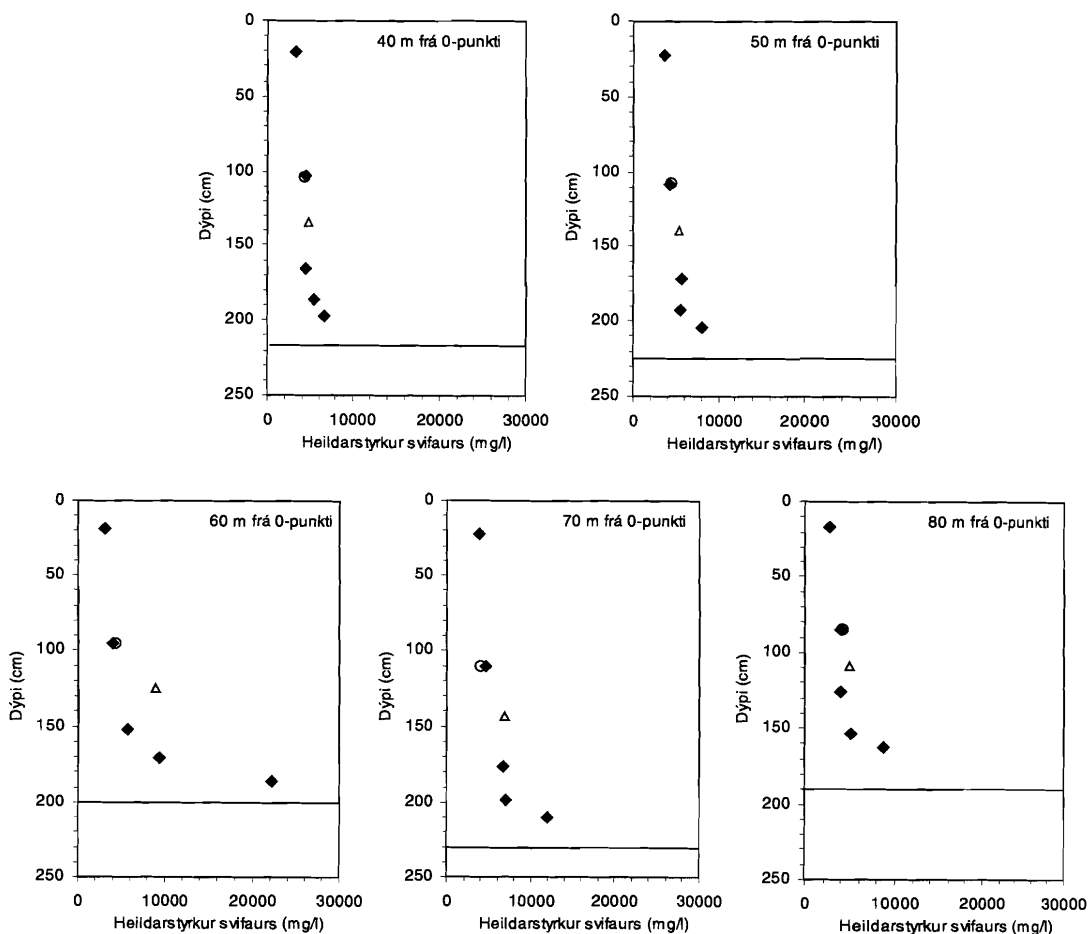
Ekki er hægt að bera þessar niðurstöður beint saman við niðurstöður sem fengust í fyrri sýnatökuferðinni þar sem dýptarhlutfallið, sem sýnin voru tekin á, er ekki sambærileg milli ferða (10% í stað 100% í fyrri ferðinni). Ef skoðuð eru einungis þau dýptarbil sem sýni voru tekin á í báðum ferðum virðist heildarsvifaursstyrkur vera heldur lægri í ágústferðinni þó að rennsli hafi þá verið um 90 m³/s meira en í sýnatökuferðinni í júlí.

Á myndum 20 til 23 eru settar fram niðurstöður einstakra kornastærðarflokka. Engin eða óregluleg breyting er á styrk fíngrðasta kornastærðarflokksins (<0,02 mm; leir/méla) með dýpi (mynd 20), en styrkur fínmos (0,02–0,06 mm) fer hins vegar heldur vaxandi með dýpi þó það gerist óreglulega (mynd 21).

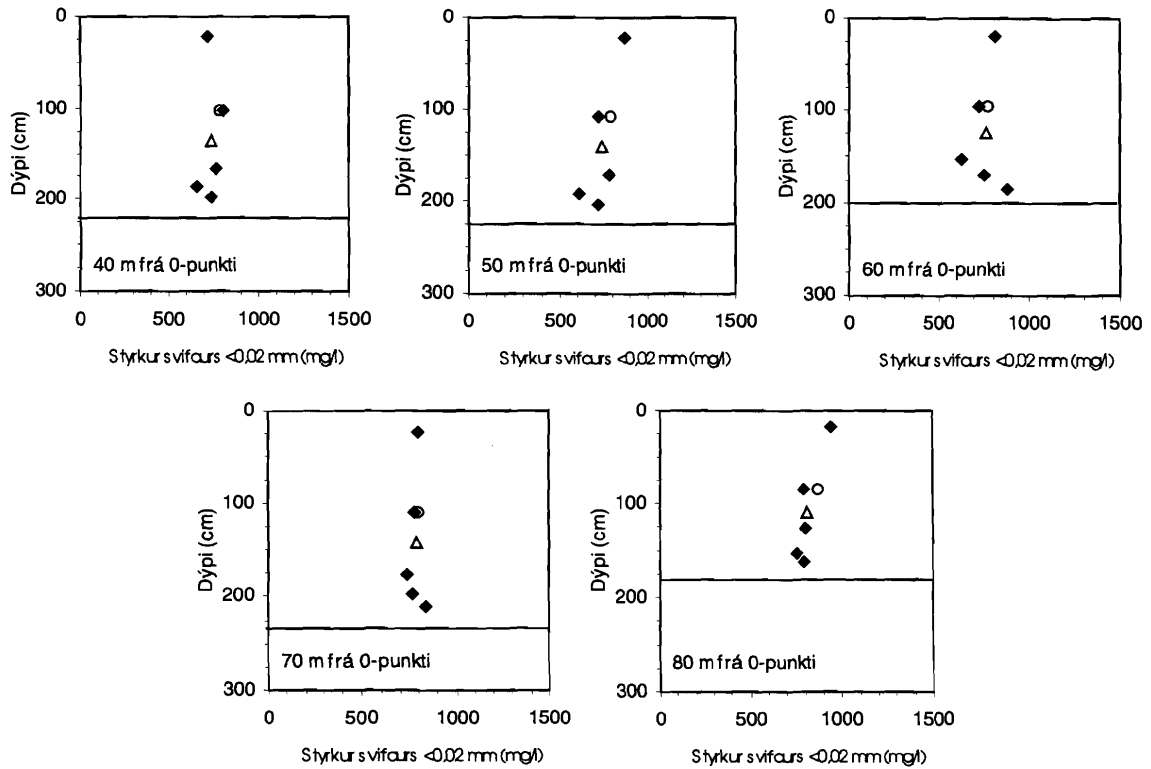
Styrkur grófari kornastærðarflokkanna grófmós (0,06–0,2 mm) og sands (>0,2 mm) eykst mikið með dýpi þó að einstaka sýni sé styrkhærra en sýni af meira dýpi (myndir 22 og 23). Sérstaklega er styrkur sands í 95% sýni í 60 m sniðinu hár (16.623 mg/l), eða um þrisvar sinnum hærra en í næststyrkhæsta sýninu af 70 m (hafa ber í huga að kvarðinn er annar fyrir 60 m sniðið á mynd 23 vegna þessa). Sandstyrkurinn er þó einnig nokkuð hár í sýnum næst botni í 70 og 80 m sniðunum. Þessi há styrkur grófu kornastærðarflokkanna og heildarsvifaurs helst í hendur enda um þyngdarhlutfall að ræða þar sem hár sandstyrkur hækkar mjög heildarsvifaursstyrk.

Sand- og grófmósstyrkurinn var einnig hæstur í 60 m sniðinu í fyrri sýnatökuferðinni í júlí, en þá var hins vegar styrkur grófari flokkanna á 70 m mjög lágur miðað við hin sniðin.

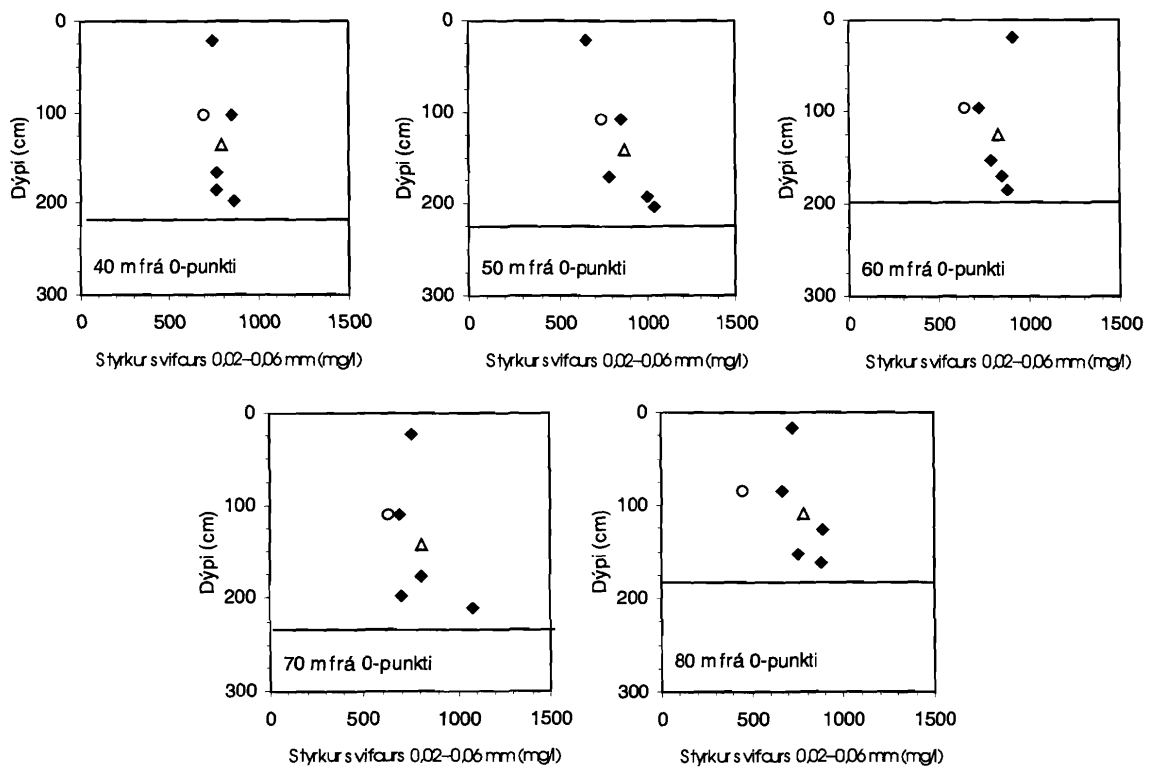
Hinn mikli sandframburður við botn á 60 m bendir enn frekar til þess að straumur hafi verið hár á þessu breiddarbili, eða a.m.k. nógu hár til þess að halda sandkornum í sviflausn í 95% af dýpi miðað við að 100% dýpi sé 10 cm ofan við botn árinna.



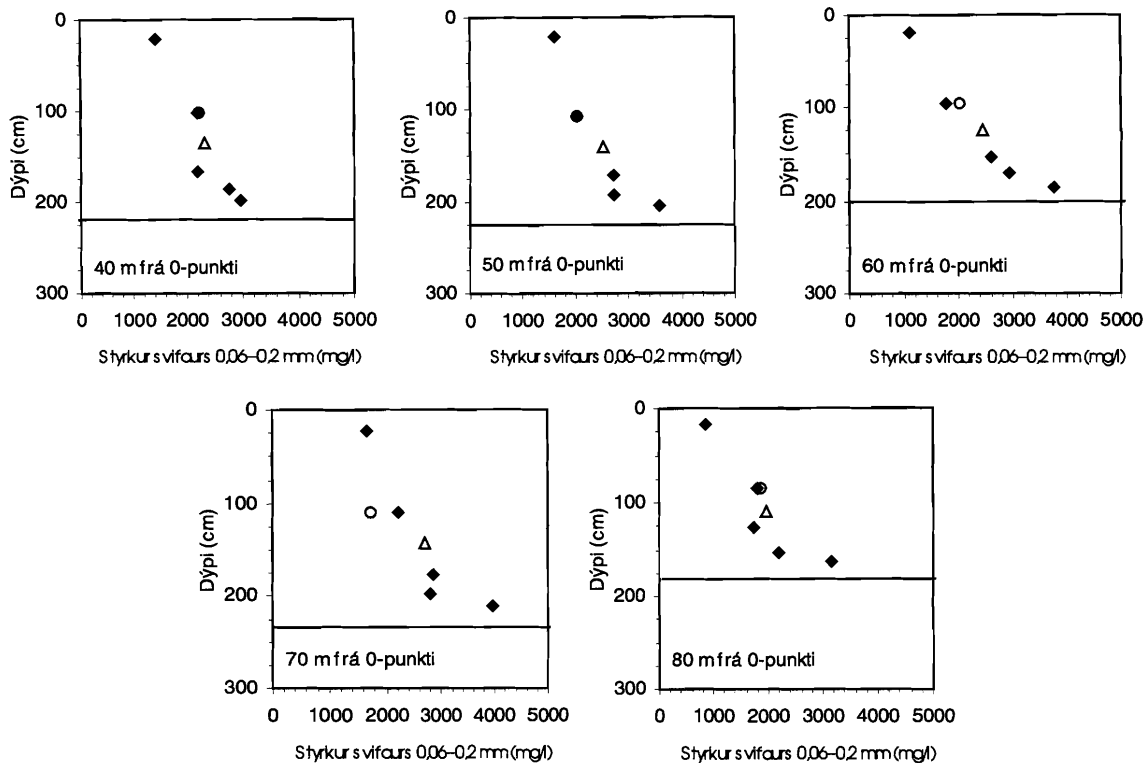
Mynd 19: Styrkur heildarsvifaurs í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 21. ágúst 2001. Sýnum var safnað á 10, 50, 80, 90 og 95% dýpi, miðað við að 100% dýpi sé 10 cm ofan við botn árinna. Opnir þríhyrningar tákna meðalstyrk punktsýnanna fimm í hverju sniði og opnir hringir tákna aurstyrk heildaðs sýnis. Lárétta strikið markar raundýpi botnsins. Skýringarnar eiga einnig við myndir 20–23.



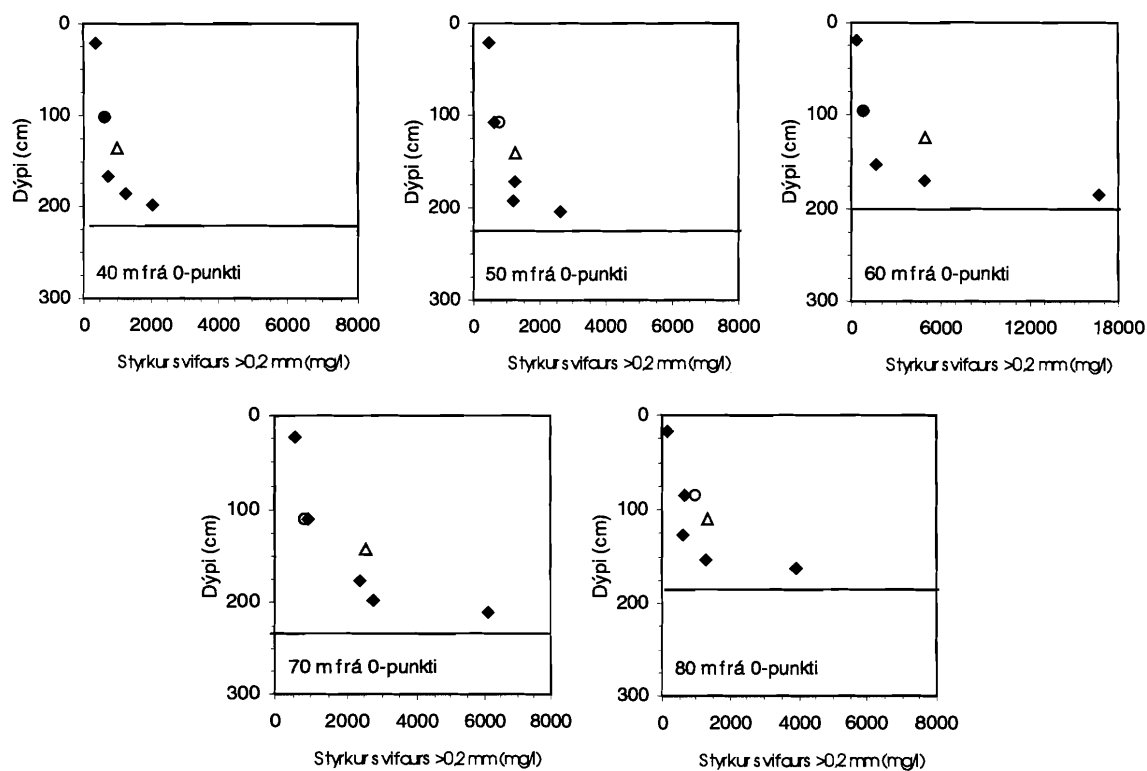
Mynd 20: Styrkur svifaus <math><0,02\text{ mm}</math> í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 21. ágúst 2001.



Mynd 21: Styrkur svifaus 0,02–0,06 mm í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 21. ágúst 2001.



Mynd 22: Styrkur svifaus 0,06–0,2 mm í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 21. ágúst 2001.



Mynd 23: Styrkur svifaus >0,2 mm í sýnum úr einstökum dýptarsniðum teknum í punktsýnatöku við Sveinstind 21. ágúst 2001. Ath. að kvarði er annar í 60 m sniðinu.

3.2.3 Önnur heilduð svifaurssýni

Eins og í fyrri sýnatökuferðinni voru tekin tvö heilduð svifaurssýni með punktsýnataka til viðbótar við hefðbundin punktsýni. Fyrri sýnið var tekið rétt fyrir punktsýnatöku þann 21. ágúst, en það seinna stuttu fyrir skriðaurssýnatöku þann 22. ágúst. Hver sýnaflaska var greind sérstaklega og vegið meðaltal reiknað.

Í báðum þessum sýnum var hlutfall grófmós (0,06–0,2 mm) hæst á öllum breiddum sem og í vegna meðaltalinu fyrir hvort sýni fyrir sig. Hlutfallið var heldur hærra í sýninu sem tekin var 21. ágúst en rennslið var þá rúmlega 50 m³/s minna en þegar seinna sýnið var tekin (tafla 7). Á móti kemur að hlutfall fíngerðasta kornastærðarflokksins er minnst þar sem grófmórinn er mestur og einnig er áberandi lítið af fínmó (0,02–0,06 mm) á 40 m í fyrri sýninu þar sem hlutfall grófmós er sérstaklega hátt (52% af heildarsýni). Hlutfall sands af heildaraurstyrki í vegnu sýnunum er svipað en dreifing hans innan farvegsins er hins vegar mjög ólík milli sýna. Þannig er langhæsta hlutfall hans í 40 og 70 m fyrri daginn en 70 og 80 m seinni daginn.

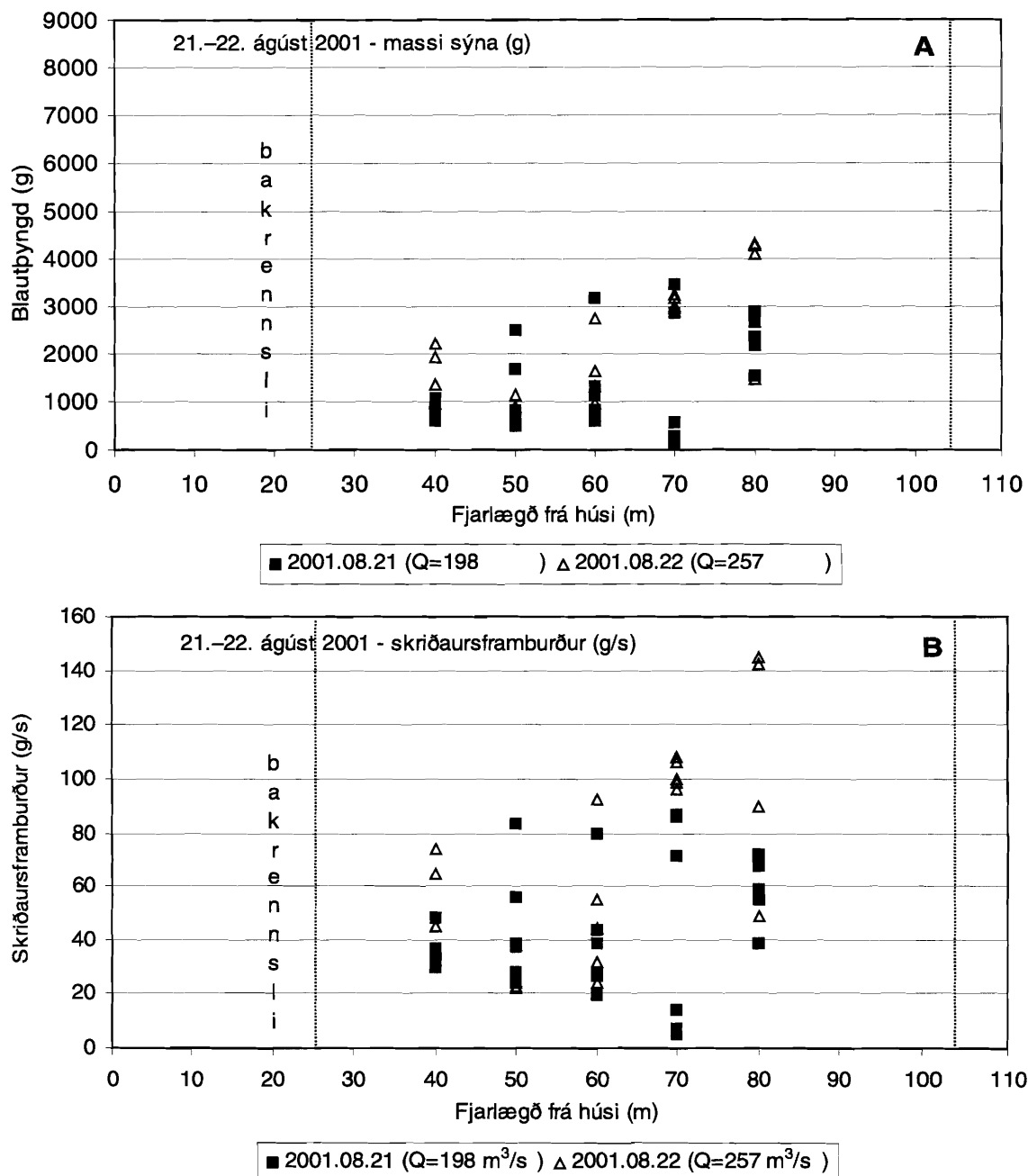
Ef miðað er við dýpi sem mælt var samtímis svifaurssýnatökunni (tafla 7), sést að töluverðar breytingar hafi verið á farveginum milli töku sýnanna tveggja. Farvegsbreytingarnar eru þó nokkuð minni en á milli sýnatöku í sýnatökuferðinni í júlí. Hinn misjafni styrkur kornastærðarflokka innan farvegsins er að öllum líkindum tengdur þessum breytingum, sem án efa hafa mikil áhrif á straumhraða innan farvegarins. Slíkar breytingar hafa sér í lagi áhrif á grófari kornastærðarflokkana þar sem grófmór og sandur berast misdreift í vatnssúlunni vegna iðukasta.

Tafla 7: Heilduð sýni frá 21. og 22. ágúst, önnur en hefðbundin punktsýni, og útreiknað vegið meðaltal þessara sýna.

Dags.	Kl.	Fjarlægð frá 0-punkti	Raundýpi botns (cm)	Dýpi í % frá yfirborði	Dýpi sýnis (cm)	Aur-styrkur (mg/l)	Kornastærð (mg/l)				Stærsta korn (mm)
							<0,02 mm	0,02-0,06 mm	0,06-0,2 mm	>0,2 mm	
2001.08.21	12:02	40	175	heildað	0-165	4722	756	472	2456	1039	1
2001.08.21	12:04	50	213	heildað	0-203	3237	641	870	2243	824	1,3
2001.08.21	12:05	60	178	heildað	0-168	4479	718	598	1875	798	1,2
2001.08.21	12:07	70	237	heildað	0-227	4476	699	830	1746	1091	0,9
2001.08.21	12:10	80	204	heildað	0-194	5428	696	860	1802	737	0,9
Vegið meðaltal fimm heildaðra sýna 2001.08.21 – Q = 198 m³/s						4327	699	741	2003	885	1,3
2001.08.22	14:55	40	203	heildað	0-193	4554	1002	1047	1867	638	0,9
2001.08.22	14:56	50	163	heildað	0-153	4936	1037	839	2221	839	1
2001.08.22	14:57	60	280	heildað	0-270	4799	1056	912	1967	864	0,9
2001.08.22	14:58	70	235	heildað	0-225	4793	959	671	1869	1294	1,5
2001.08.22	14:59	80	196	heildað	0-186	4814	867	722	1733	1492	1,1
Vegið meðaltal fimm heildaðra sýna 2001.08.22 – Q = 257 m³/s						4791	993	835	1950	1013	1,5

3.2.4 Skriðaurssýni

Skriðaurssýnataka fór fram í tvennu lagi í sýnatökuferðinni í ágúst. Sýnin voru tekin á sömu breiddum og í júlí sýnatökuferðinni, þ.e. á 40, 50, 60, 70 og 80 m. Í fyrri syrþunni þann 21. ágúst (kl. 16:17–17:15) voru tekin 30 sýni við meðalrennsli um 198 m³/s, en í seinni syrþunni, sem tekin var daginn eftir milli kl. 15:39 og 16:37, voru tekin 25 sýni við meðalrennsli 257 m³/s. Á mynd 24 má sjá þunga hvers sýnis fyrir sig (A hluti) og þyngd hvers sýnis deilt með tíma sýnataka á botni (B hluti). Tafla 8 sýnir hins vegar meðaltalstölur fyrir hverja breidd fyrir sig og heildarskriðursframburð yfir sýnatökutíma hvors dags fyrir sig.



Mynd 24: Niðurstöður skriðursmælinga dagana 21. og 22. ágúst 2001.

Tafla 8: Samantekt niðurstaðna skriðaursmælinga við Sveinstind 21. og 22. ágúst, 2001.

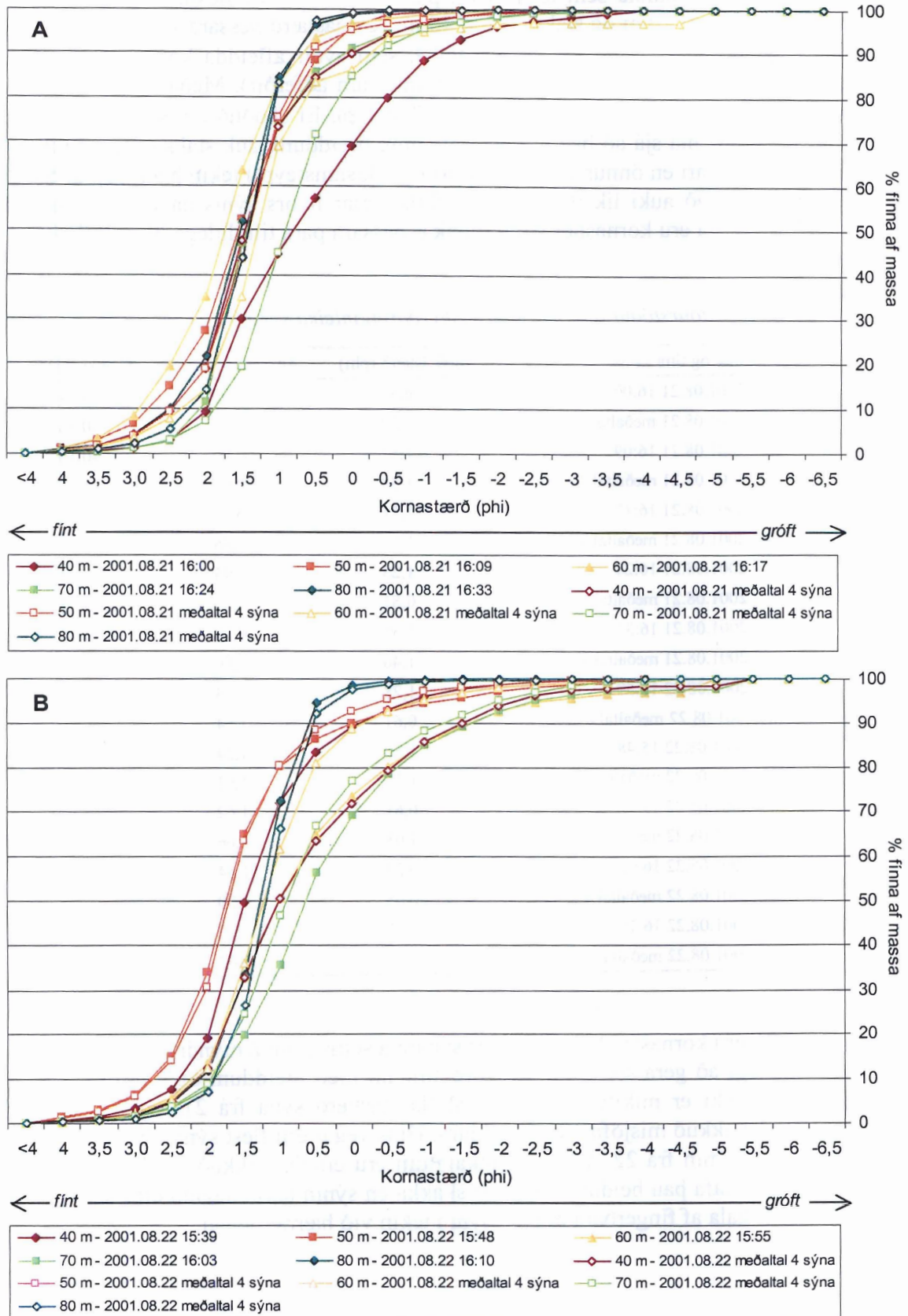
21. ágúst 2001	40 m	50 m	60 m	70 m	80 m	Meðal Q= 198 m ³ /s
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	13	10	10	10	17	
Meðalskriðursframburður á hverri stöð (g/s/m)	468	584	515	591	787	
Heildarskriðursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	6087	5837	5152	5911	13386	Alls 36373 g/s
22. ágúst 2001	40 m	50 m	60 m	70 m	80 m	Meðal Q= 257 m ³ /s
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	13	10	10	10	17	
Meðalskriðursframburður á hverri stöð (g/s/m)	652	346	646	1337	1658	
Heildarskriðursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	8481	3458	6461	13371	28182	Alls 59953 g/s

Þyngdardreifing skriðaurssýna í sýnatökuferðinni 21.–22. ágúst er töluvert ólík því sem sést á samsvarandi mynd fyrir sýni tekin í júlí (mynd 12), en þá var sýnaþyngdin mest á breiddum næst miðjum farveginum. Í ágústskýnatökunni var þyngd og framburður á breiddareiningu (breidd sýnatakans) sýnanna jafnari eftir breidd árinna þó að nokkur mismunur hafi verið á milli sýnatökusyrpa. Þannig var framburður sýna sem tekin voru á 70 og 80 m fyrri daginn nokkuð minni en sýna sem tekin voru á sömu breiddum seinni daginn við hærra rennsli. Engu að síður var meðalframburður mestur á þessum stöðvum báða dagana, svo og heildarskriðursframburður, sem var heildaður yfir vegalengd á milli sýnatökubreidda (tafla 8).

Farvegssniðið sem mælt var við rennslismælingu nokkrum tímum fyrir skriðaurssýnatökuna (mynd 17) sýnir að botn sniðsins var tiltölulega jafn og án djúpra ála. Þessi lögum farvegarins getur að hluta til útskýrt jafnari skriðursframburð innan farvegsins en í sýnatökuferðinni í júlí, en þá mátti sjá þrönga rás, sem mestur skriðaurinn fluttist eftir (mynd 5). Sandbotninn sem er við Sveinstind er hins vegar mjög breytilegur eins og mátti sjá á farvegsbreytingum milli rennslismælinga í júlí (mynd 5) og meta má af reynslu vatnmælingamanna við sniðið, og því í raun erfitt að bera saman mælingar sem ekki eru gerðar samtímis.

3.2.5 Kornastærðargreining skriðaurssýna

Eins og gert var með júlísýnin var eitt sýni af hverri breidd kornastærðargreint sérstaklega (5 sýni) og hinum sýnunum steipt saman í stórt sýni fyrir hverja breidd fyrir sig, og þau sýni síðan kornastærðargreind (5 sýni). Á mynd 25 eru niðurstöður kornastærðargreininganna settar fram. Eins og á mynd 13 eru sýni frá sömu breidd einkennd með sama litnum; stök sýni með fylltum táknum og samsteipt sýni með opnum táknum.



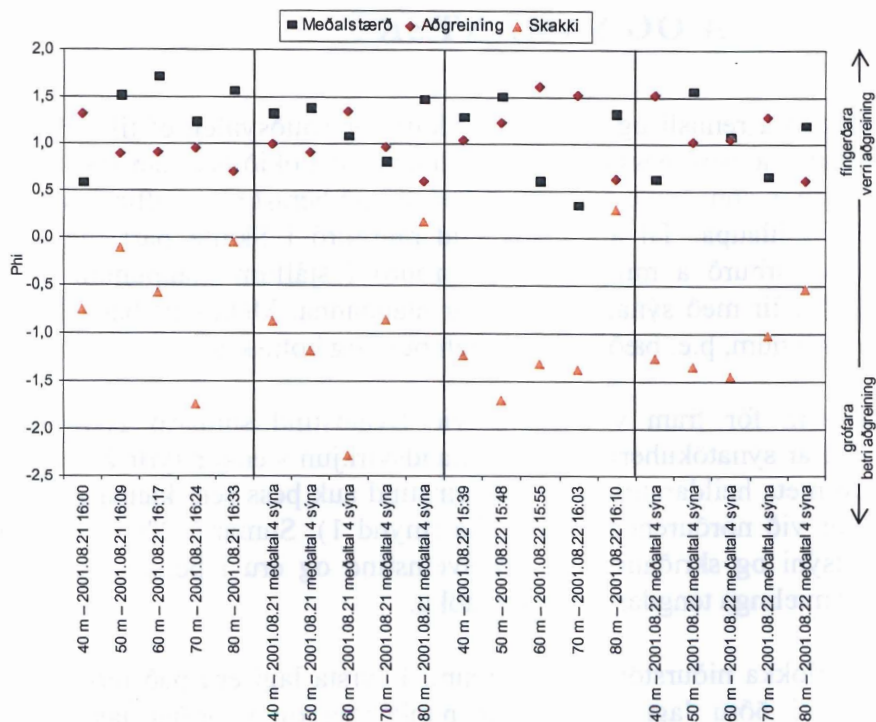
Mynd 25: Niðurstöður kornastærðargreininga á skriðaurssýnum A) frá 21. ágúst og B) frá 22. ágúst 2001. Ferlar stakra sýna eru fylltir en meðaltalsferlar fjögurra sýna eru opnir.

Safntíðniferlar sýnanna sem tekin voru þann 21. ágúst eru flestir líkir nema fyrir eitt samsteypt sýni af 70 m og stakt sýni af 40 m. Kornastærð þessara sýna er heldur grófari (lægri ϕ tala) sem einnig má sjá í töflu 9, sem sýnir afleidda kornastærðareiginleika reiknaða út frá sigtunargögnum (sjá fyrri kafla um aðferðir). Meðalstærð allra sýnanna er þó sandur af ýmsum grófleikum (ca. 1,7–0,3 ϕ). Ef skoðuð eru sýni sem tekin voru þann 22. ágúst má sjá að það eru sýni af sömu breiddum, auk staks sýnis af 60 m, sem einnig eru grófari en önnur sýni. Sýnapörin (stök/samsteypt) tekin þann dag af 50, 70 og 80 m eru þar að auki lík innbyrðis og falla ferlar hvors sýnis nálægt hvorum öðrum (mynd 25B). Þá eru kornastærðareiginleikar þessara para tiltölulega líkir (tafla 9).

Tafla 9: Niðurstöður afleiddra kornastærðareiginleika sýna frá 21. og 22. ágúst 2001.

Staðsetning og tími sýnis	Meðalstærð (ϕ)	Aðgreining (ϕ)	Skakki (ϕ)
40 m – 2001.08.21 16:00	0,58	1,32	-0,74
40 m – 2001.08.21 meðaltal 4 sýna	1,32	1,01	-0,86
50 m – 2001.08.21 16:09	1,52	0,90	-0,10
50 m – 2001.08.21 meðaltal 4 sýna	1,38	0,91	-1,17
60 m – 2001.08.21 16:17	1,71	0,91	-0,58
60 m – 2001.08.21 meðaltal 4 sýna	1,07	1,36	-2,28
70 m – 2001.08.21 16:24	1,23	0,95	-1,73
70 m – 2001.08.21 meðaltal 4 sýna	0,81	0,97	-0,86
80 m – 2001.08.21 16:33	1,56	0,70	-0,05
80 m – 2001.08.21 meðaltal 4 sýna	1,46	0,60	0,17
40 m – 2001.08.22 15:39	1,28	1,05	-1,23
40 m – 2001.08.22 meðaltal 4 sýna	0,61	1,54	-1,25
50 m – 2001.08.22 15:48	1,50	1,24	-1,69
50 m – 2001.08.22 meðaltal 4 sýna	1,56	1,03	-1,34
60 m – 2001.08.22 15:55	0,61	1,62	-1,30
60 m – 2001.08.22 meðaltal 4 sýna	1,08	1,06	-1,45
70 m – 2001.08.22 16:03	0,34	1,54	-1,36
70 m – 2001.08.22 meðaltal 4 sýna	0,65	1,30	-1,02
80 m – 2001.08.22 16:10	1,32	0,63	0,32
80 m – 2001.08.22 meðaltal 4 sýna	1,20	0,62	-0,53

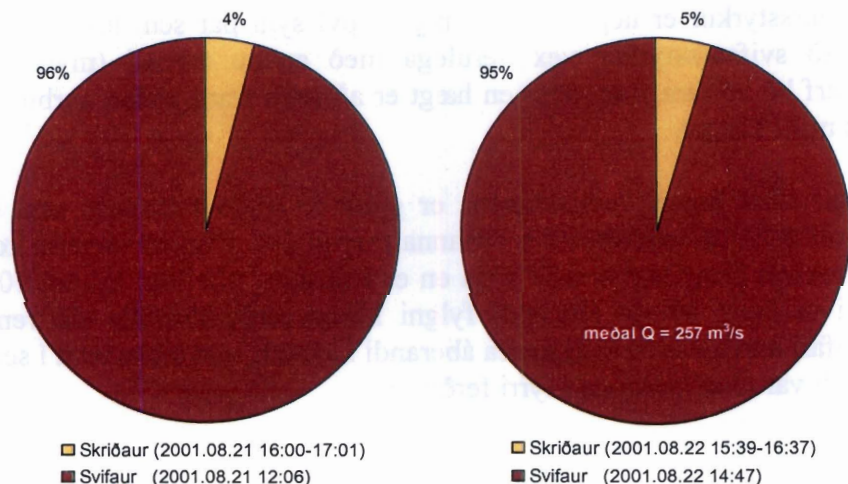
Á mynd 26 eru kornastærðareiginleikar sýnanna settir fram á myndrænan hátt til þess að betur sé hægt að gera sér grein fyrir breytingum með breiddum og á milli sýnasyrpa. Sjá má að ekki er mikill munur á meðalkornastærð sýna frá 21. og 22. ágúst enda kornastærð nokkuð misjöfn eftir breiddum. Hins vegar eru flest sýnin frá 21. ágúst betur aðgreind en sýnin frá 22. ágúst. Skakkagildin eru einnig nokkuð dreifð fyrir sýnin frá 21. ágúst og hafa þau heldur jákvæðari skakka en sýnin tekin daginn eftir sem bendir til að þau hafi hala af fingerðara efni en sýnin tekin við herra rennsli.



Mynd 26: Niðurstöður afleiddra kornastærðareiginleika skriðaurssýna frá 21. og 22. ágúst 2001. Lóðréttar línur afmarka sýni sem eiga saman (5 stök og 5 samsteypt frá 21. ágúst, 5 stök og 5 samsteypt frá 22. ágúst).

3.2.6 Samanburður svifaurs og skriðaur

Reiknað var hlutfall skriðaur og svifaurs af heildaraurburði við Sveinstind út frá sýnum sem tekin voru 21. og 22. ágúst. Hlutfall skriðaur af heildaraurburði var mjög svipað fyrir báðar sýnatökusyrpurnar sem teknar voru þessa daga, eða á milli 4 og 5%. Þó að svifaurs- og skriðaurssýni hafi ekki verið tekin samtímis í hvorri syrpu fyrir sig var rennsli á tókutíma þeirra nánast það sama og því ættu rennslisbreytingar ekki að skipta miklu máli í samanburði þessara aurburðarpátta. Hins vegar er ekki til mikil vitneskja um dreifingu aurburðar innan dægursveiflu sem hugsanlega skiptir töluverðu máli í slíkum samanburði.



Mynd 27: Samanburður skriðaur- og svifaursframburðar samkvæmt sýnum teknum 21. og 22. ágúst 2001.

4 UMRÆÐA OG SAMANTEKT

Ítarleg athugun á rennsli og aurburði í Skaftá er nauðsynleg ef til virkjunar eða veitu hennar kemur. Samspil þessara þátta er hins vegar flókið þar sem jökulhlaup bera fram mikinn aur u.þ.b. annað hvert ár og er þessi aur að berast niður eftir farveginum í langan tíma í kjölfar hlaupa. Til að meta heildaraurburð í Skaftá þarf því að skoða bæði hefðbundinn aurburð á milli hlaupa, aurburð í sjálfum hlaupunum og fylgja síðan hlauparnum eftir með sýnatöku í kjölfar hlaupanna. Meta þarf báða þætti aurburðar í slíkum rannsóknum, þ.e. bæði svifaursframburð og botnskrið.

Sýnataka sem fór fram við Skaftá við Sveinstind sumarið 2001 markar upphaf metnaðarfullrar sýnatökuherferðar sem Landsvirkjun stendur fyrir á svæðinu. Í henni á að reyna að meta heildaraurburð við Sveinstind auk þess sem kanna á aurburð í vestari kvísl Skaftár við norðurenda Fögrufjalla (mynd 1). Sumarið 2001 voru í fyrsta skipti tekin punktsýni og skriðaurssýni við Sveinstind og eru í þessari skýrslu settar fram niðurstöður mælinga tengdar þeirri sýnatöku.

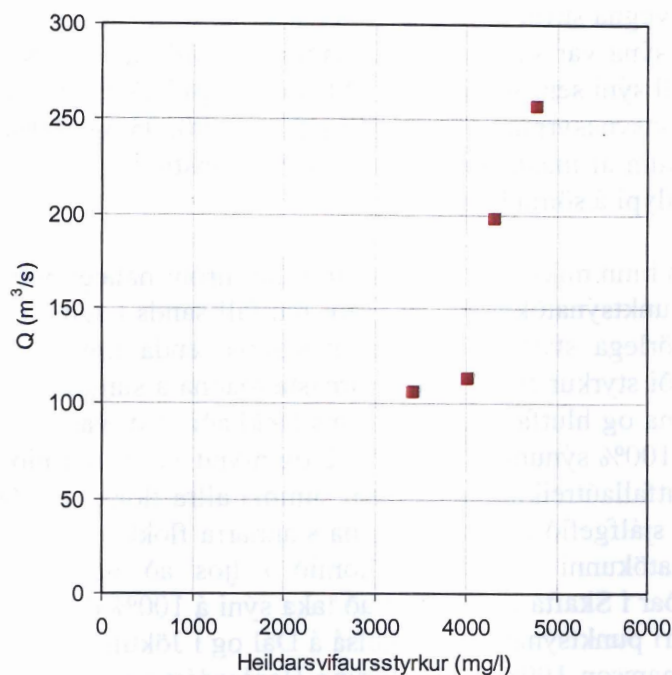
Hægt er að flokka niðurstöðurnar í þrennt. Í fyrsta lagi eru það niðurstöður heildaðra svifaursýna, í öðru lagi niðurstöður punktsýna og í þriðja lagi eru settar fram frumniðurstöður um botnskrið við Sveinstind.

4.1 Heilduð svifaursýni

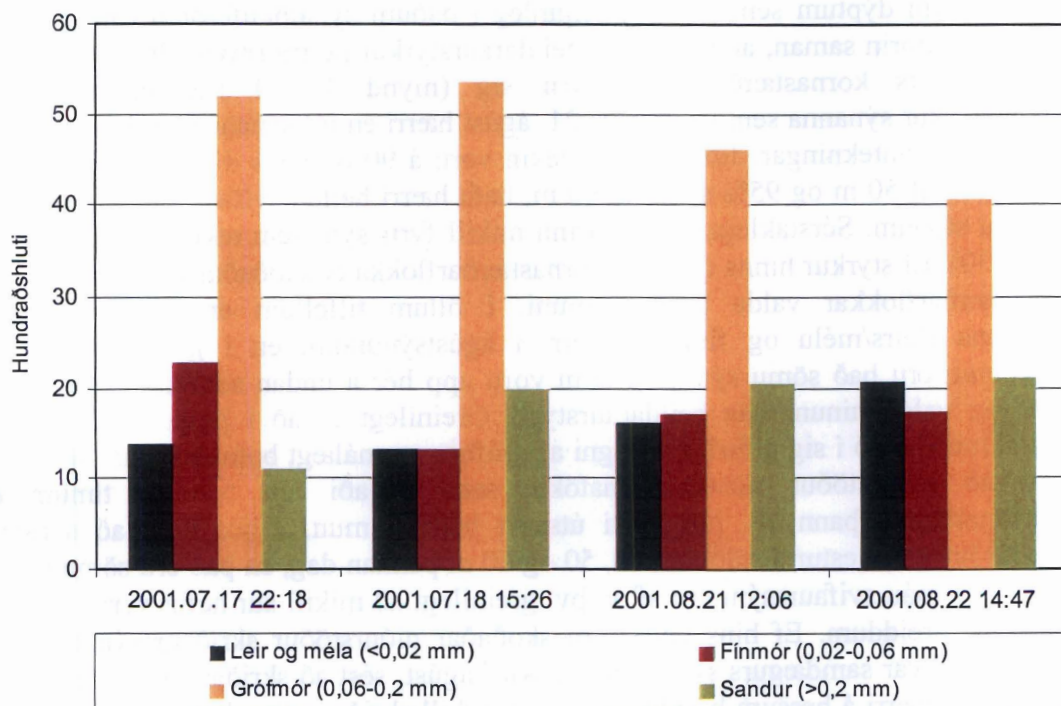
Heilduðu svifaursýnin fjögur, sem vegna meðaltalið er reiknað út frá, voru öll tekin á 40, 50, 60, 70 og 80 m breiddum af mannbæra kláfnum og var hver flaska greind sérstaklega (20 sýnaflöskur alls). Því er hægt að meta bæði veginn heildarsvifaursstyrk og styrkbreytingar svifaurs yfir farveginn.

Niðurstöður veginna svifaursýna staðfestu fyrri rannsóknir við Sveinstind (Svanur Pálsson o.fl. 1996, 2001), sem sýna að aurburður er mjög mikill í ánni á milli jökulhlaupa, en síðasta hlaup fyrir þessa sýnatöku var í ágúst 2000. Þessar fyrri niðurstöður eru hins vegar byggðar á mjög fáum sýnum og eru þau langflest frá allra síðustu árum. Niðurstöður fleiri svifaursýna bæta því hlutfallslega miklu við gagnagrunninn. Heildarsvifaursstyrkur er tæplega 4800 mg/l í því sýni þar sem hann er hæstur og er greinilegt að svifaursstyrkur vex verulega með auknu rennsli (mynd 28). Frekari sýnataka þarf þó að fara fram áður en hægt er að setja fram góðan aurburðarlykil fyrir Sveinstind milli hlaupa.

Langstærstur hluti þessara svifaursýna er grófmór (0,06–0,2 mm), sem er í sumum sýnunum yfir 50% af heildarsvifaursýnanna (mynd 29). Hlutfall annarra kornastærðarflokka er nokkuð breytilegt á milli sýna en er í flestum tilfellum frá um 10 til rúmlega 20%. Ekki er hægt að sjá áberandi fylgni kornastærðarhlutfalls við rennsli, t.d. er hlutfall grófari kornastærða ekki meira áberandi í sýnum sem tekin voru í seinni ferðinni þegar rennsli var mun hærra en í fyrri ferðinni.



Mynd 28: Samband heildarstyrks veginna svifaurssýna og rennslis út frá sýnum sem tekin voru í sýnatökuferðum í júlí og ágúst 2001.



Mynd 29: Hlutfall kornastærðarflokka í vegnum svifaurssýnum.

4.2 Hefðbundin punktsýni

Alls var tekið 51 punktsýni og heilduð punktsýni í beinum tengslum við þau í þessum tveim sýnatökusýrum í Skaftá við Sveinstind sumarið 2001. Eins og fram hefur komið hér á undan gekk sýnatakan misvel eftir ferðum, í fyrri ferðinni náðist ekki að klára

punktsýnatöku vegna stíflu í sýnataka, en í staðinn voru aukasýni tekin og greind svo að fjöldi greindra sýna var sá sami og umsaminn sýnafjöldi. Í seinni ferðinni náðist hins vegar að taka öll sýni sem stefnt var á að taka með því að breyta dýpi punktsýnanna. Því voru í fyrri punktsýnasyrpunni tekin sýni á 50, 80, 90, 95 og 100% dýpi á 40, 50, 60, 70 og 80 m breiddum af mannbæra kláflum við Sveinstind, en í seinni syrpunni á 10, 50, 80, 90 og 95% dýpi á sömu breiddum.

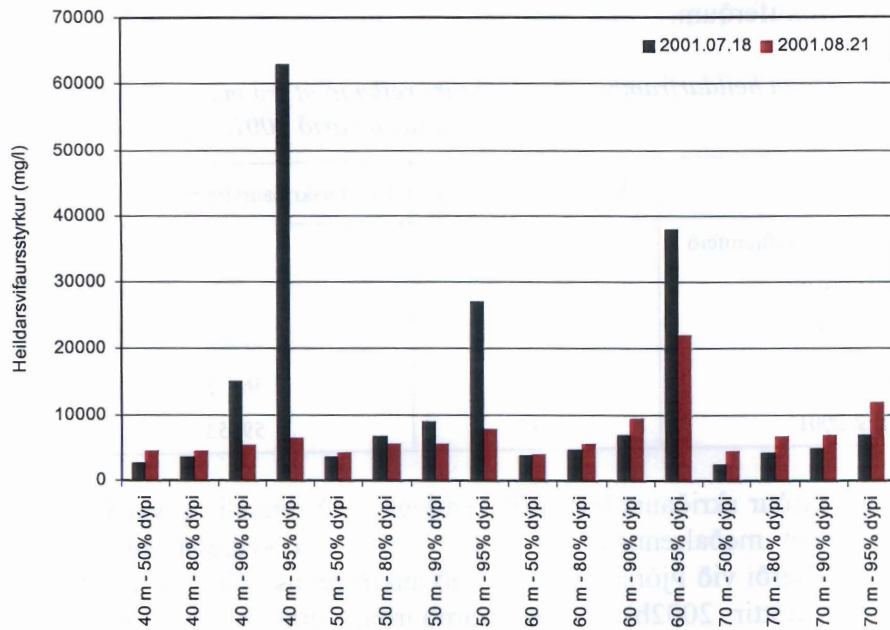
Greinilegt er að hinn mikli sand- og grófmósaurburður nálægt botni hafði truflandi áhrif á niðurstöður punktsýnatökunnar, þar sem hlutfall sands í sumum sýnum af 100% dýpi yfirgnæfir algjörlega styrk annarra kornastærða, enda um þyngdarhlutfall að ræða. Þannig minnkaði styrkur fingerðustu kornastærðanna á sumum breiddum verulega með dýpi á sama tíma og hlutfall grófa efnisins hækkaði. T.d. var hlutfall leirs/mélu (<0,02 mm) í tveimur 100% sýnunum 0% (tafla 2 og mynd 8). Þessar niðurstöður sýna berlega hættuna við hlutfallaútreikninga þar sem summa allra flokka er 100; þegar hlutfall eins flokks eykst er sjálfgefið að hlutfall annars/annarra flokka minnkar. Það má því segja að í punktsýnatökunni í júlí hafi komið í ljós að vegna hins mikla sand- og grófmósaurburðar í Skaftá er óvarlegt að taka sýni á 100% dýpi eins og hingað til hefur verið gert í slíkri punktsýnatöku í Jökulsá á Dal og í Jökulsá á Fjöllum (Svanur Pálsson og Ásgeir Gunnarsson 1998, 1999; Jörunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson 2002a). Þrátt fyrir þessi vandkvæði sýndi punktsýnatakan í júlí þó vel hvernig hlutfall grófmós og sands hækkar með auknu dýpi og nær hámarki í 95 og 100% dýpi.

Sýni af þeim dýptum sem voru sameiginleg í báðum sýnatökuferðum (50, 80, 90 og 95%) voru borin saman, annars vegar heildarstyrkur þeirra (mynd 30) og hins vegar styrkur hvers kornastærðarflokks fyrir sig (mynd 31). Í flestum tilfellum er heildarstyrkur sýnanna sem tekin voru 21. ágúst hærri en júlísýnanna, en þó eru nokkrar áberandi undantekningar. Júlísýni sem tekin voru á 90 og 95% dýpi á 40 m, öll nema 50% sýnið af 50 m og 95% sýnið af 60 m, hafa hærri heildarsvifaurstyrk en ágústýni af sömu stöðum. Sérstaklega er munurinn mikill fyrir sýni sem tekin voru á 95% dýpi (mynd 30). Ef styrkur hinna fjögurra kornastærðarflokka er skoðaður er greinilegt hvaða kornastærðarflokkar valda þessum muni. Í öllum tilfellum er styrkur fingerðari flokkanna (leirs/mélu og finmós) hærri í ágústýnunum, en í grófmós- og sandflokkunum eru það sömu sýnin og talin voru upp hér á undan sem hafa hærri styrk í ágúst og valda hinum háa heildarstyrk. Greinilegt er að í þessum sýnum hefur sýnatakinn safnað í sig gífurlegu magni af grófum aur nálægt botni árinna. Skoðað var hvort að niðurstöður skriðaurssýnatöku, sem byrjaði um tveimur tímum eftir punktsýnatökuna þann 18. júlí, gæti útskýrt þennan mun. Í ljós kom að skriðaurframburður var mestur á stöðvum 40, 50 og 60 m þennan dag, en það eru sömu breiddir og hin styrkháu svifaurssýni eru af og því greinilegt að mikill aur hefur verið á ferðinni á þessum breiddum. Ef hins vegar eru skoðaðar niðurstöður skriðaurssýnatöku, sem framkvæmd var samdægurs svifaurssýnatöku í ágúst, sést að skriðaurframburður er þá jafnvel enn hærri á þessum breiddum svo að mikill skriðaurframburður á fyrrnefndum breiddum í júlí útskýrir ekki þennan mikla mismun á milli sumra sýnanna. Ólíklegt er að sýnatökunni sjálfri sé um að kenna þar sem sömu menn með sömu tæki tóku sýnin í báðum syrþum.

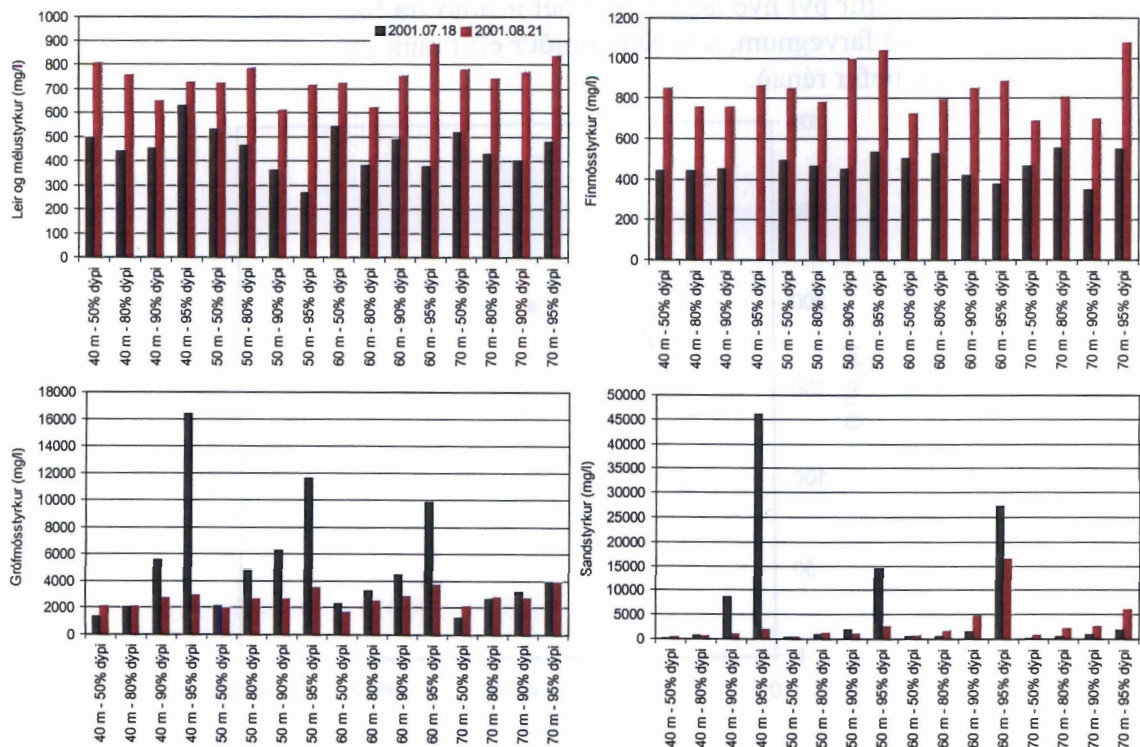
Fyrir utan þennan samanburð á sýnum syrþanna tveggja sýna myndir 30 og 31 vel hvernig styrkur heildarsvifaur, grófmós og sands eykst með dýpi, og að styrkur fingerðari kornastærðarflokkanna sýnir enga sérstaka leitni með dýpi. Þetta sýnir vel að

grófari aurinn nær ekki að berast jafn hátt frá botni og fingerðari aurinn sem er mun jafndreifðari í gegnum vatnssúluna.

Heilduðu sýnin sem tekin voru samtímis punktsýnatökunni í ágúst virðast heldur vanmeta aurburð við Sveinstind og er það áhyggjuefni þar sem í nær öllum tilfellum er notast við slík sýni í aurburðarlyklum og framburðarútreikningum.



Mynd 30: Samanburður á heildaraurburði punktsýna, sem tekin voru 18. júlí annars vegar og 21. ágúst hins vegar.



Mynd 31: Samanburður einstakra kornastærðarflokka punktsýna, sem tekin voru 18. júlí annars vegar og 21. ágúst hins vegar.

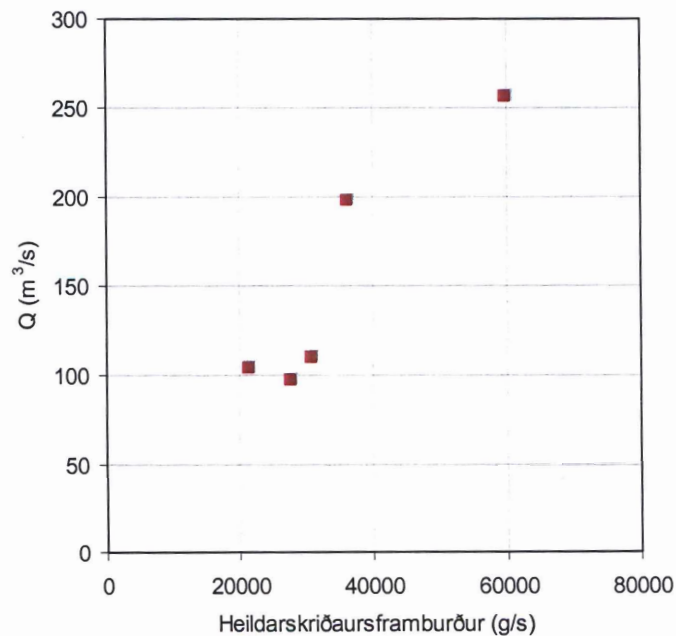
4.3 Skriðaurssýni

Alls voru tekin 114 skriðaurssýni í sýnatökusyrpunum tveimur í júlí og ágúst. Í fyrri sýrpunni var skriðaurssýnatökunni skipt í þrennt og í seinni sýrpunni í tvennt svo að fundið var meðaltal heildarframburðar skriðaus fyrir fimm rennslisstig. Niðurstöðurnar er að finna í töflu 10 og á mynd 32 og sýna þær að skriðausframburður var mjög mikill í öllum sýnatökuferðum.

Tafla 10: Magn heildarframburðar skriðaus reiknað út frá massa skriðaurssýna sem safnað var við Sveinstind sumarið 2001.

	Meðalrennsli (m ³ /s)	Heildarskriðausframburður (g/s)	Fjöldi sýna
17. júlí 2001 prufuumferð	97,5	27764	9
17. júlí 2001	111	30909	25
18. júlí 2001	105	21552	25
21. ágúst 2001	198	36373	30
22. ágúst 2001	257	59953	25

Heildarframburður skriðaus hækkaði verulega með rennsli og var langmestur, tæplega 60.000 g/s, við meðalrennslið 257 m³/s. Þetta eru svipaðar breytingar og sást á skriðausframburði við Þjórsá við Krók við aukið rennsli (Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorlákssdóttir 2002b). Þó er framburður, eins og þar, nokkuð svipaður en breytilegur við lágt rennsli. Til þess að hægt sé að búa til aurburðarlykil fyrir skriðausframburð er nauðsynlegt að taka fleiri skriðaurssýni við fleiri rennslisstig, þá sér í lagi við hátt og lágt rennsli. Hins vegar er líklegt að skriðausframburður sé mjög misjafn í Skaftá eftir því hve langur tími hefur liðið frá Skaftárhlaupum, en í þeim berst mikill aur í og að farvegnum, sem færast niður eftir ánni í marga mánuði (eða jafnvel ár) eftir að hlaupið hefur rénað.



Mynd 32: Samband heildarframburðar skriðaus og rennslis út frá gögnum úr sýnatökuferðum ársins 2001.

Niðurstöður sýnatökusyrpnanna sýna að mikill breytileiki er í skriðursframburði á milli sýnatökustaða í farveginum. Þyngd sýnanna sem safnað var í júlí er tiltölulega normaldreifð yfir farveginn og var skriðursframburður mestur á 50 og 70 m í fyrri syrpanni en á 50 og 60 m í seinni syrpanni (prufusyrpan frá 17. júlí er ekki talin með) (tafla 4 og mynd 12). Í ágúst er þyngdardreifingin jafnari yfir farveginn, sér í lagi fyrri daginn, en seinni daginn var mestur framburður á 70 og 80 m (tafla 8 og mynd 24). Í öllum sýnatökusyrpum í júlí og ágúst var þó mikill breytileiki í sýnaþyngd á milli stöðva.

Hinn mikli breytileiki í framburði innan farvegarins við Sveinstind á milli sýnatökudaga sýnir að farvegurinn er síbreytilegur og er það staðfest með mælingum á dýpi sem eru hluti rennslismælinga sem gerðar voru í kringum sýnatökuna (myndir 5 og 17), svo og með upplýsingum frá vatnamælingamönnum sem framkvæmdu sýnatökuna. Breytileiki skriðursframburðar innan farvegarins virðist að einhverju leyti markast af botni farvegarins eins og hann kemur fram í dýptarsniðum. T.d. var dýpi farvegarins samkvæmt rennslismælingu í ágúst mun jafnara en í júlí þegar dýpri álar sáust innan farvegarins. Við þennan samanburð ber þó að hafa í huga að farvegurinn virðist breytast mjög hratt og innan nokkurra klukkutíma getur farvegurinn og straumaðstæður verið gjörbreyttar.

Kornastærðargreiningar á skriðaurnum sýna að kornastærð hans er tiltölulega svipuð á milli sýna og að hann samanstandi aðallega af efni með meðalkornastærð 2–0 ϕ (u.þ.b. 0,25–1 mm), sem telst vera meðalgrófur og grófur sandur.

4.4 Framhald rannsókna við Sveinstind

Sýnatakan sumarið 2001 markaði upphaf markvissrar aurburðarsýnatöku í efri hluta Skaftár. Út frá reynslu hennar var sett fram metnaðarfull sýnatökuáætlun sem byrjað var á veturinn 2001–2. Í þeirri áætlun er gert ráð fyrir að taka svifaurssýni og rennslismæla við vestari kvísl Skaftár við norðurenda Fögrufjalla, taka svifaurs-, punkt- og skriðaurssýni við Sveinstind, auk þess sem gert er ráð fyrir að fylgjast með aurburði og rennsli í komandi jökulhlaupum. Árið 2002 mun Auðlindadeild Orkustofnunar einnig kosta töku svifaurssýna í neðri hluta Skaftár við Ása-Eldvatn og Skaftá við Kirkjubæjarklaustur og Skaftárdal. Grein verður gerð fyrir sýnatöku ársins 2002 og niðurstöðum hennar í samskonar skýrslu og þessari þegar niðurstöður liggja fyrir.

5 HEIMILDIR

Jórunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson 2002a. *Heildaraurburður Jökulsár á Fjöllum. Niðurstöður ársins 2001* Orkustofnun, Greinargerð, JHa-ÁG-2002/01, 30 s.

Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorláksdóttir 2002b. *Total sediment transport in the lower reaches of Þjórsá at Krókur: results from the year 2001*. Orkustofnun, OS-2002/020, 50 s.

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

Svanur Pálsson og Ásgeir Gunnarsson 1998. *Samanburðarmælingar á svifaur í Jökulsá á Dal 1998*. Orkustofnun, Greinargerð, SvP-ÁG-98/06, 18 s.

Svanur Pálsson og Ásgeir Gunnarsson 1999. *Samanburðarmælingar á svifaur í Jökulsá á Dal 1999*. Orkustofnun, Greinargerð, SvP-ÁG-99/02, 18 s.

Svanur Pálsson, Guðmundur H. Vigfússon og Jórunn Harðardóttir 2001. *Framburður svifaura í Skaftá*. Orkustofnun, OS-2001/068, 57 s.

Vatnamælingar 2002. *Rennslisskýrsla, vatnsárið 2000/2001. Vatnshæðarmælir 166 við Skaftá, Sveinstind*, 4 s.