



Mælingar á rennsli, svifaur og skriðaur í Jökulsá á Dal árið 2002

**Jórunn Harðardóttir
Ásgeir Gunnarsson
Svava Björk Þorlaksdóttir**

Unnið fyrir Landsvirkjun



**Jórunn Harðardóttir
Ásgeir Gunnarsson
Svava Björk Þorláksdóttir**

Mælingar á rennsli, svifaur og skriðaur í Jökulsá á Dal árið 2002

Unnið fyrir Landsvirkjun

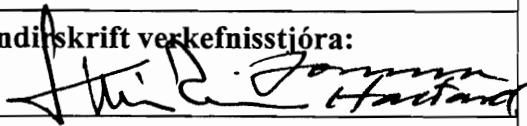
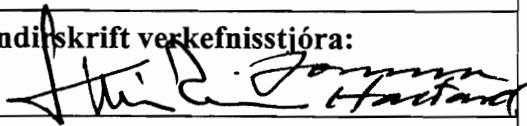
OS-2003/001

Desember 2003

ORKUSTOFNUN – VATNAMÆLINGAR

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



Skýrsla nr.:	Dags.:	Dreifing:
OS-2003/001	Desember 2003	<input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Mælingar á rennsli, svifaur og skriðaur í Jökulsá á Dal árið 2002		Upplag: 25
		Fjöldi síðna: 38
Höfundar: Jórunn Harðardóttir, Ásgeir Gunnarsson og Svava Björk Þorlakssdóttir		Verkefnisstjóri: Kristinn Einarsson Jórunn Harðardóttir
Gerð skýrslu / Verkstig: Niðurstöður mælinga á rennsli og aurstyrk		Verknúmer: 7-546733
Unnið fyrir: Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: <p>Í skýrslunni er fjallað um niðurstöður rennslis-, svifaurs- og skriðaursmælinga sem fram fóru í Jökulsá á Dal árið 2002. Við Hjarðarhaga voru eftirlatin atriði rannsókuð: 1) Niðurstöður rennslismælinga og breytileiki farvegar með rennsli, 2) samanburður kornastærðarmælinga svifaursflokks af rafdrifnum kláfi og af brú, 3) samband svifaursstyrks og rennslis, 4) breytileiki skriðaursframburðar innan farvegar og með rennsli, og 5) hlutur skriðaursframburðar af heildaraurframburði. Einnig voru borin saman svifaursssýni frá Hjarðarhaga og bænum Brú. Rennslislykill nr. 8 hefur verið búinn til út frá niðurstöðum rennslismælinganna en dýpi farvegarins jókst heldur með rennsli. Styrkur heildarsvifaurs og allra kornastærðarflokka var hærri í flestum kláfsýnum en munurinn var minni fyrir fingerðara efni, sem einnig sýndi verri fylgni við rennslu. Mikill breytileiki var á framburði skriðaurs á hverri stöð, sem og á milli stöðva og barst minnst fram á 20, 30 og 80 m, en mun meira á 40–70 m. Á öllum stöðvum jókst framburður skriðaurs með hækkandi rennslu. Heildarframburður skriðaurs var 7–76 kg/s við meðalrennslíð $184\text{--}423 \text{ m}^3/\text{s}$, sem var 6–13% af heildaraurframburði.</p>		
Lykilord: Jökulsá á Dal, Hjarðarhagi, Brú, mælikláfur, rennslislykill, rennslismælingar, sýntaka, svifaursstyrkur, skriðaursframburður, sýnategund, kornastærðarmælingar, vhm 110, vhm 164	ISBN-númer: 	
Undirskrift verkefnisstjóra: 		
Yfirfarið af: KE		

EFNISYFIRLIT

1 INNGANGUR.....	5
2 RENNSLISMÆLINGAR.....	7
2.1 Fyrri rennslismælingar.....	7
2.2 Rennslismælingar ársins 2002	8
3 SVIFAURSMÆLINGAR.....	14
3.1 Samanburður á svifaursstyrk við brúna og kláfinn hjá Hjarðarhaga	14
3.2 Samanburður á svifaursstyrk við Brú og Hjarðarhaga	22
4 SKRIÐAURSMÆLINGAR.....	23
4.1 Aðferðir við skriðaursmælingar	23
4.2 Framburður skriðaurs	25
4.3 Kornastærðargreiningar skriðaurssýna	29
4.4 Samanburður skriðaurs- og svifaurssýna.....	32
5 SAMANTEKT	34
5.1 Rennslismælingar	34
5.2 Svifaursmælingar.....	34
5.2.1 Sýnapör frá Hjarðarhaga.....	34
5.2.2 Sýnapör frá Brú og Hjarðarhaga.....	35
5.3 Skriðaursmælingar við Hjarðarhaga.....	35
6 HEIMILDIR.....	37

MYNDASKRÁ

Mynd 1: Kort af vatnasviði Jökulsár á Dal ofan Hjarðarhaga og staðsetning vatnshæðarmæla 164 og 110.	6
Mynd 2: Rennslismælingar við Hjarðarhaga fram til ársins 2002 og lyklar 6 og 7.	7
Mynd 3: Rennslismælingar sumarið 2002 og rennslisferill samkvæmt lykli 8.	9
Mynd 4: Rennslismælingar við Hjarðarhaga árið 2002 bornar saman við mælingar 1995–2001 ásamt lyklum 6, 7 og 8.	10
Mynd 5: Átta dýptarsnið í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga undir rafdrifna kláfnum raðað eftir auknu rennsli.....	11
Mynd 6: Átta dýptarsnið í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga undir rafdrifna kláfnum raðað eftir auknu rennsli.....	12
Mynd 7: Átta dýptarsnið í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga undir rafdrifna kláfnum raðað eftir auknu rennsli.....	13
Mynd 8: Rennsli Jökulsár við Hjarðarhaga nærri sýnatöku í júní–ágúst 2002.	15
Mynd 9: Rennsli Jökulsár við Hjarðarhaga nærri sýnatöku í september og október 2002 og tímasetning svifaurssýnatöku (opnir hringir).	15
Mynd 10: Hlutföll svifaursstyrks, sýni tekin í P61/S49 sýnataka.	19
Mynd 11: Tengsl rennslis og svifaurs af mismunandi kornastærðarflokkum, P61 sýni.	21

Mynd 12: Samband heildarsvifaursstyrks sýna frá Brú og Hjarðarhaga.....	23
Mynd 13: Blautþyngd sýna og skriðaursflutningur hvers sýnis í hverri skriðaursferð sem farin var að Hjarðarhaga árið 2002.	26
Mynd 14: Vensl skriðaursframburðar stakra sýna við rennsli.....	27
Mynd 15: Vensl heildarflutnings skriðaurs við meðalrennsli hvers rennslisbils í ferðunum þremur að Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga sumarið 2002.	29
Mynd 16: Safntíðnilínurit fyrir kornastærðargreind skriðaurssýni sem tekin voru 27. júní, 30. júlí og 22. ágúst 2002.	30
Mynd 17: Afleiddir kornastærðareiginleikar (meðalstærð, aðgreining og skakki) skriðaurssýna sem tekin voru 27. júní, 30. júlí og 22. ágúst 2002.	31
Mynd 18: Samanburður svifaurs- og skriðaursframburðar í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga þann 27. júní 2002.	32
Mynd 19: Samanburður svifaurs- og skriðaursframburðar í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga dagana 29. og 30. júlí 2002.	33
Mynd 20: Samanburður svifaurs- og skriðaursframburðar í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga þann 22. ágúst 2002.	33
Mynd 21: Samanburður heildarframburðar skriðaurs fyrir mismunandi rennslisbil (stöðvar 40 til 80 m) áranna 2000, 2001 og 2002.....	36

TÖFLUSKRÁ

Tafla 1: Kornastærðarflokkar svifaurs.....	16
Tafla 2: Niðurstöður svifaursmælinga á sýnum teknum frá kláfnum (P61) og brúnni (S49).	17
Tafla 3: Niðurstöður kornastærðarmælinga svifaurssýnapara frá Brú og Hjarðarhaga sumarið 2002.	22
Tafla 4: Samanburður stærða í mm og í ϕ -gildum.....	24
Tafla 5: Fjöldi svifaurssýna sem tekin voru í tengslum við skriðaursmælingar.....	25
Tafla 6: Samandregnar niðurstöður skriðaurssýnatöku 27. júní, 29. og 30. júlí og 22. ágúst 2002 í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga.	27

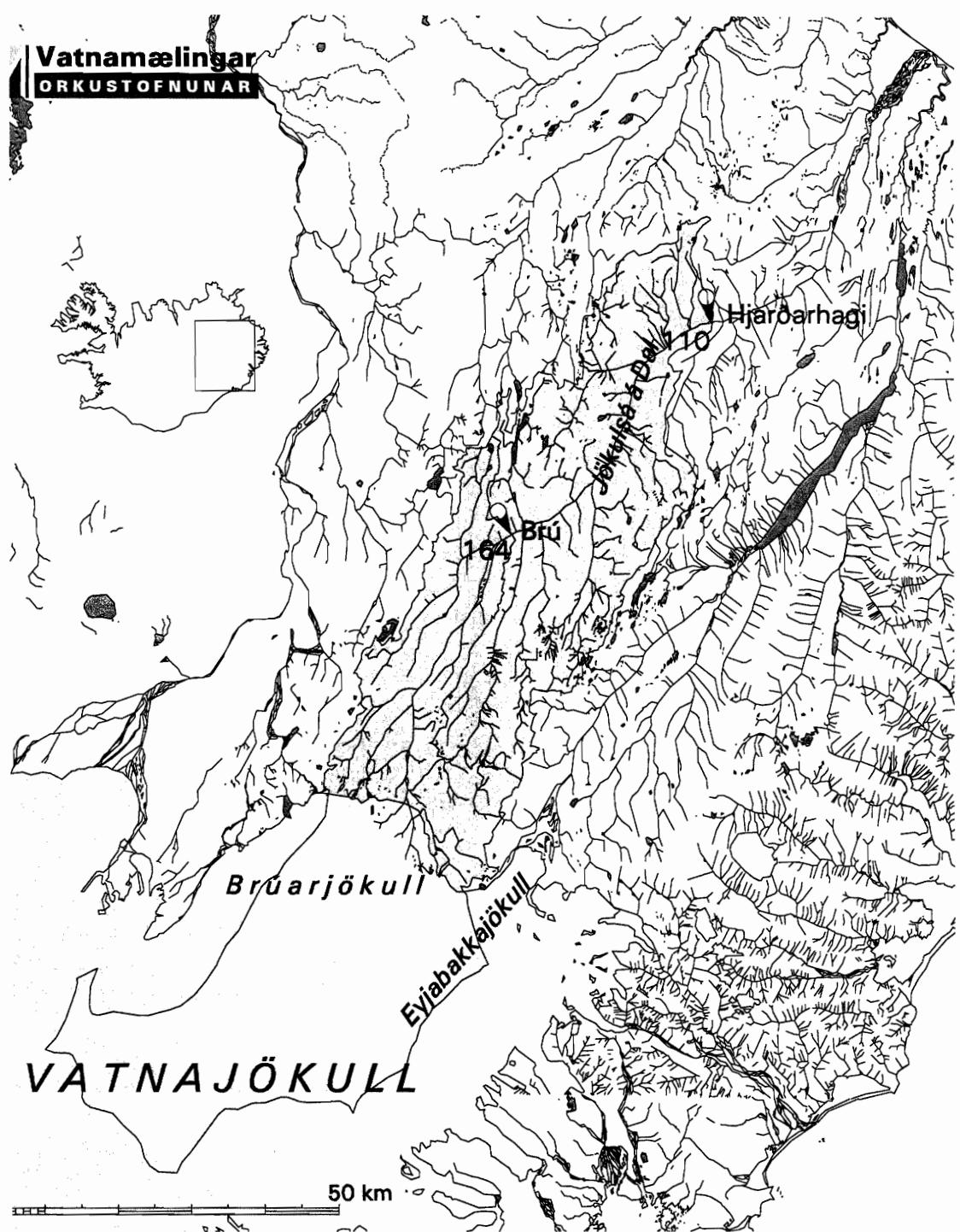
1 INNGANGUR

Í þessari skýrslu er teknað saman niðurstöður svifaursmælinga og rennslismælinga tengdum þeim sem gerðar voru í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga (vhm 110) og Brú (vhm 164) árið 2002. Einnig eru í skýrslunni settar fram niðurstöður skriðaursmælinga sem gerðar voru við Hjarðarhaga sama ár. Fyrir utan þær viðbætur er skýrslan að mestu leyti sambærileg skýrslum sem komu út um rennslis- og svifaursmælingar við Hjarðarhaga árin 2000 og 2001 (Ásgeir Gunnarsson o.fl. 2001; Jórunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson 2002).

Á mynd 1 má sjá staðsetningu og vatnshæðarmæla við Hjarðarhaga og Brú en svifaursstöðum var á árinu 2002 tengd tveimur verkefnum. Aðalverkefnið var framhald samanburðarmælinga svifaurs og rennslis samkvæmt samningi við Landsvirkjun, en í því verkefni voru tekin sýnapör þar sem annað sýnið var tekið á hefðbundinn hátt á brúnni við Hjarðarhaga, en hitt sýnið tekið af rafdrifnum rennslismælikláfi sem strengdur er yfir ána um 2 km neðan við brúna. Í samningnum var ráðgert að fara sjö ferðir að Hjarðarhaga árið 2002 og taka í hverri ferð sýnatökupar af brú og kláfi við Hjarðarhaga, þá að rennslismæla af rafdrifna kláfnum og loks taka annað sýnatökupar af brú og kláfi. Gert var ráð fyrir að slíkt mælingasett væri tekið við hámark og lágmark dægursveiflu árinna. Í þremur slíkum ferðum átti einnig að mæla skriðaursflutning. Hitt verkefnið, sem sýnataka í Jökulsá á Dal var tengd árið 2002, var hið ítarlega efnavöktunarverkefni á Austurlandi sem Raunvísindastofnun Háskóla Íslands, Vatnamælingar og Auðlindadeild Orkustofnunar, Landsvirkjun og Hollstuvernd hafa staðið fyrir síðustu ár (Sigurður R. Gíslason o.fl. 2000, 2001, 2002). Innan þess verkefni voru tekin sýnapör af brú við Hjarðarhaga og af brú við bæinn Brú á Efri Jökuldal.

Í þessari skýrslu er gerður samanburður annars vegar á svifaurssýnum af brú og kláfi við Hjarðarhaga, og hins vegar á svifaurssýnum sem tekin voru á brúnum við Hjarðarhaga og Brú. Í seinni samanburðinum er eingöngu stuðst við sýni þar sem sýnið frá Brú var tekið hæfilegum tíma á undan Hjarðarhagasýninu, eða álíka löngum tíma og sem nemur rennslistíma árinna á milli staðanna.

Uppsetning þessarar skýrslu er svipuð og í fyrri skýrslum um rennslis- og svifaursmælingar í Jökulsá á Dal. Fyrst er gerð grein fyrir rennslismælingum og rennslislyklum, og síðan kynntar niðurstöður svifaursmælinga á Hjarðarhagasýnapörum annars vegar og Hjarðarhaga-Brúar sýnapörum hins vegar. Að lokum eru sýndar niðurstöður skriðaursmælinga sem gerðar voru við Hjarðarhaga.

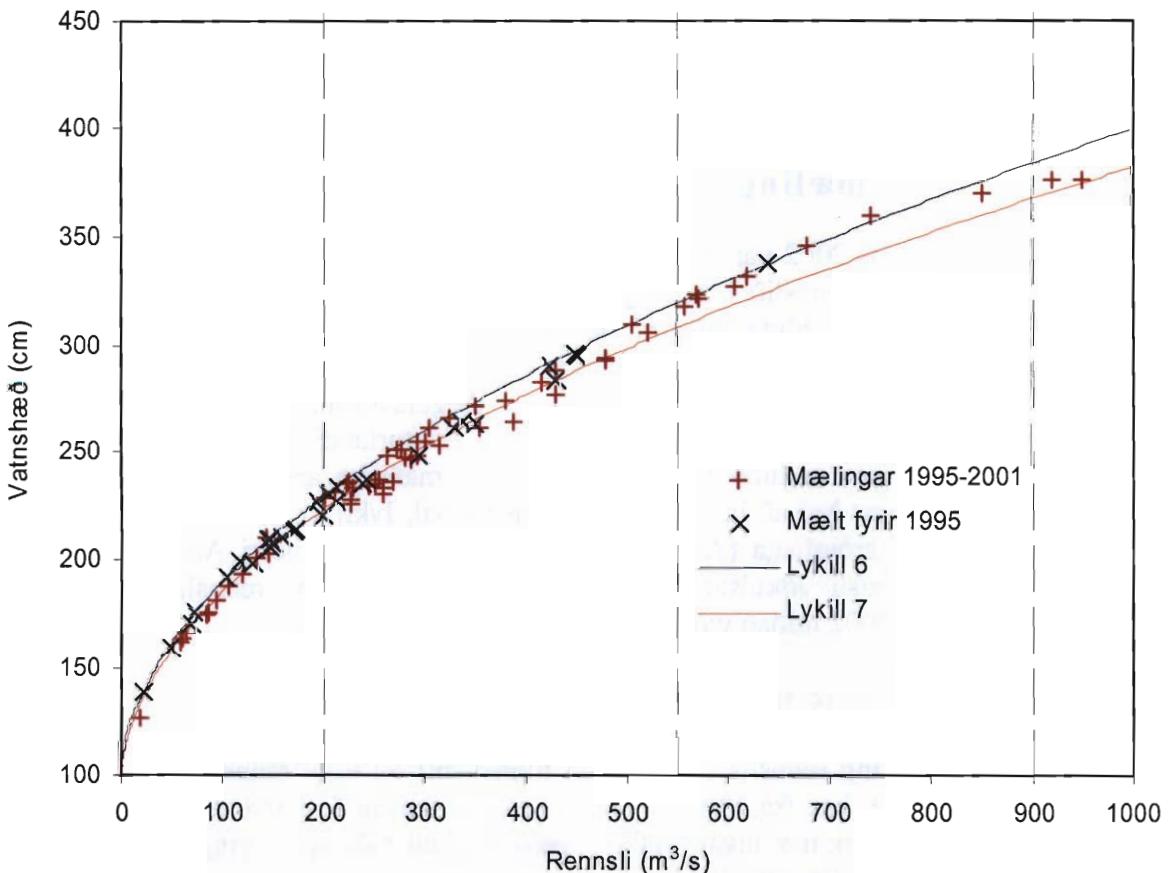


Mynd 1: Kort af vatnasviði Jökulsá á Dal ofan Hjarðarhaga og staðsetning vatnshæðarmæla 164 og 110. (Kortagerð Þórarinn Jóhannsson).

2 RENNSLISMÆLINGAR

2.1 Fyrri rennslismælingar

Eins og fram hefur komið á allra síðustu árum er mikill breytileiki í rennslislyklum Jökulsár á Dal við Hjarðarhaga (t.d. Páll Jónsson o.fl. 1999; Ásgeir Gunnarsson o.fl. 2001; Jórunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson 2002), sem virðast færa sig skyndilega milli tveggja þrepa. Tveir rennslislyklar voru búnir til, lyklar 6 og 7, og er sá síðarnefndi sá lykill sem hefur verið í gildi síðastliðin ár. Lykill 6 gefur heldur minna rennsli við sömu vatnshæð en lykill 7 og liggur í gegnum þær mælingar sem falla á efta þrepið. Aðalástæðan fyrir þessum breytingum er talin vera mikill aurburður, iðuköst og mikill straumhraði, en þessar breytur margfaldast á jökulleysingartímanum frá seinni hluta júní og fram í september. Til að skoða þessa breytingu frekar hefur rennslismælingum við Hjarðarhaga verið fjölgað mjög frá árinu 2000 og til dagsins í dag. Farvegssnið og svifausrssýni hafa verið tekin samtímis flestum rennslismælingunum en markmiðið með þeim hefur verið að skoða sérstaklega samband lykilbreytinga við aurburð.



Mynd 2: Rennslismælingar við Hjarðarhaga fram til ársins 2002 og lyklar 6 og 7.

Í athugunum áranna 2000 og 2001 var rennslismælingum frá og með árinu 1995 skipt upp í fjóra hluta eftir rennsli áranna en rennslislyklar virtust haga sér mismunandi á þessum hlutum. Þetta er sá hluti rennslisgagna sem í dag hefur verið endurskoðaður og tölvutekinn. Þessi fjórskipting var eftirfarandi:

- 1) Rennsli minna en $200 \text{ m}^3/\text{s}$.
- 2) Rennsli frá 200 til $550 \text{ m}^3/\text{s}$.
- 3) Rennsli frá 550 til $900 \text{ m}^3/\text{s}$.
- 4) Rennsli yfir $900 \text{ m}^3/\text{s}$.

Við rennsli minna en $200 \text{ m}^3/\text{s}$ virtist lykill 7 vera í gildi og ráðandi þversnið mjög stöðugt. Rennsli virtist sveiflast á milli lykla 6 og 7 þegar það var á bilinu frá 200 til $550 \text{ m}^3/\text{s}$, en þá var einnig samhengi á milli dýpis undir kláfi og rennsli óstöðugt. Milli 550 og $900 \text{ m}^3/\text{s}$ félleu nær allar mælingar á lykil 6 en aðeins höfðu verið gerðar tvær rennslismælingar við rennsli hærra en $900 \text{ m}^3/\text{s}$ og lento þær báðar á lykli 7.

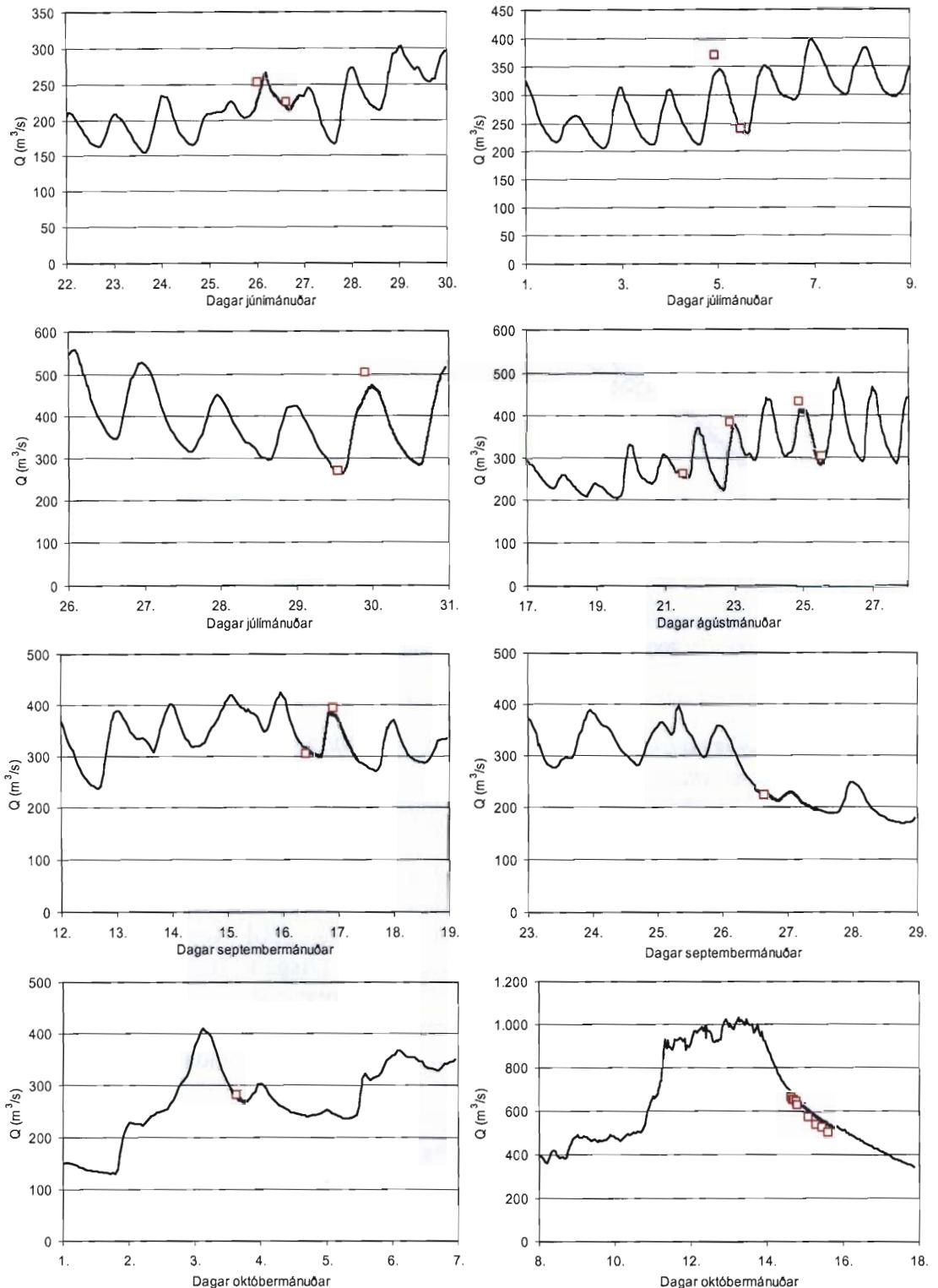
Einnig voru bornar saman mælingar frá 1995 – 2000 við mælingar frá 1964 og til og með 1994 en í þeim samanburði var þessi fjórskipting ekki jafn greinileg. Sérstaklega kom fram annað munstur fyrir minnsta rennslið því að fyrri mælingar virtust sveiflast á milli lykla 6 og 7 á því rennslisibili, ólíkt því sem mælingar áranna 2000 og 2001 gerðu. Flestar mælingarnar á seinna tímabilinu 1995 – 2000 voru gerðar árið 2000 (18 mælingar) og voru þá gerðar einu rennslismælingarnar sem hafa náð $900 \text{ m}^3/\text{s}$. Því er ekki hægt að bera mælingar af þessu rennslisibili við fyrri mælingar. Mælingarnar frá 2000 og 2001 sýndu hins vegar að þversnið undir kláfnum við Hjarðarhaga breyttist verulega á milli mælinga og virtist farvegurinn vera grynnstur þegar rennslið var minnst, en hann dýpkaði þegar rennslið jókst.

2.2 Rennslismælingar ársins 2002

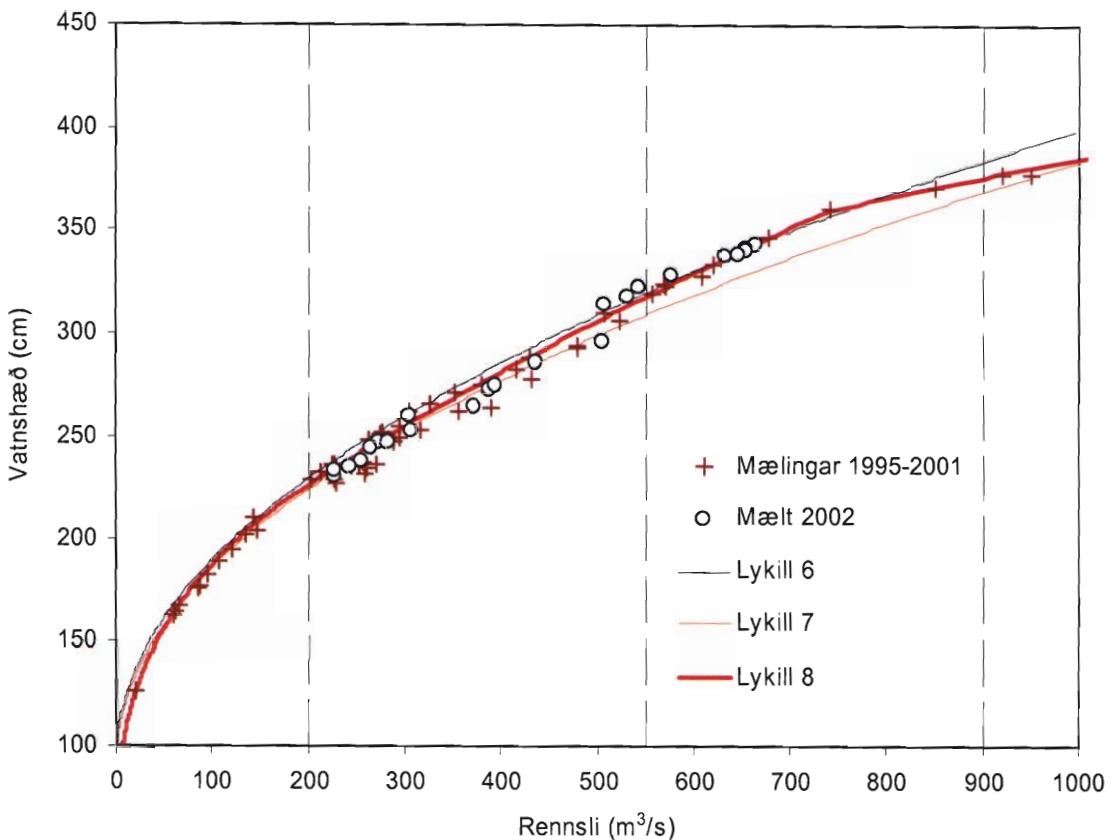
Mesta rennsli ársins 2002 var rúmlega $1030 \text{ m}^3/\text{s}$ eða rúmlega $350 \text{ m}^3/\text{s}$ hærra en árið á undan. Minnst var rennslið hins vegar í mars, $12 \text{ m}^3/\text{s}$, en það var þá ístruflað. Í sýnatökuferðum fyrri hluta sumars náðust rennslismælingar við bæði hámark og lágmark dagsveiflu en í sýnatökuferðum sem farið var í seinni hluta september og fyrri hluta október var eingöngu mælt við lágmark dægursveiflu. Til viðbótar var rennsli mælt níu sinnum í flóðum sem stóðu yfir á Austurlandi 11 .– 16 . október. Þegar rennslislyklarnir voru endurskoðaður með tilliti til mælinga ársins 2002 kom í ljós að forsendur væru fyrir því að búa til nýjan rennslislykil, lykil nr. 8, sem byggði á öllum mælingum við Hjarðarhaga (Áslaug Sóley Bjarnadóttir og Snorri Árnason 2003). Á mynd 3 sést rennsli Jökulsár á Dal dagana fyrir og eftir rennslismælingar við Hjarðarhaga árið 2002 miðað við rennsli samkvæmt rennslislykli 8.

Á mynd 4 eru allar rennslismælingar sem gerðar voru árið 2002 bornar saman við samskonar mælingar frá 1995 – 2001 auk þess sem rennslislyklar 6, 7 og 8 eru sýndir. Sett er fram skipting rennslis í fyrrgreind rennslisbil og falla rennslismælingar ársins allar á hluta 2 og 3, þ.e. frá 200 – $550 \text{ m}^3/\text{s}$ annars vegar og 550 – $900 \text{ m}^3/\text{s}$ hins vegar. Á myndinni sést hvernig mælingar á lægra rennslisibilinu raða sér í kringum bæði lykla 6 og 7, en mælingar á efra rennslisibili falla nær lykli 7.

Segja má að endurskoðun rennslislyklanna í ár, þar á meðal með tilliti til frumdraga þessarar skýrslu, úreldi fyrri niðurstöður byggðar á flökti milli rennslislyklanna þar sem nú er einn og sami rennslislykillinn gildandi fyrir allt rennslissviðið. Í þessari skýrslu, sem við þetta seinkaði nokkuð, er því fyrst og fremst lögð áhersla á að setja fram niðurstöður ársins 2002 og skoða breytingar á farvegi í tengslum við rennsli og aurburð.



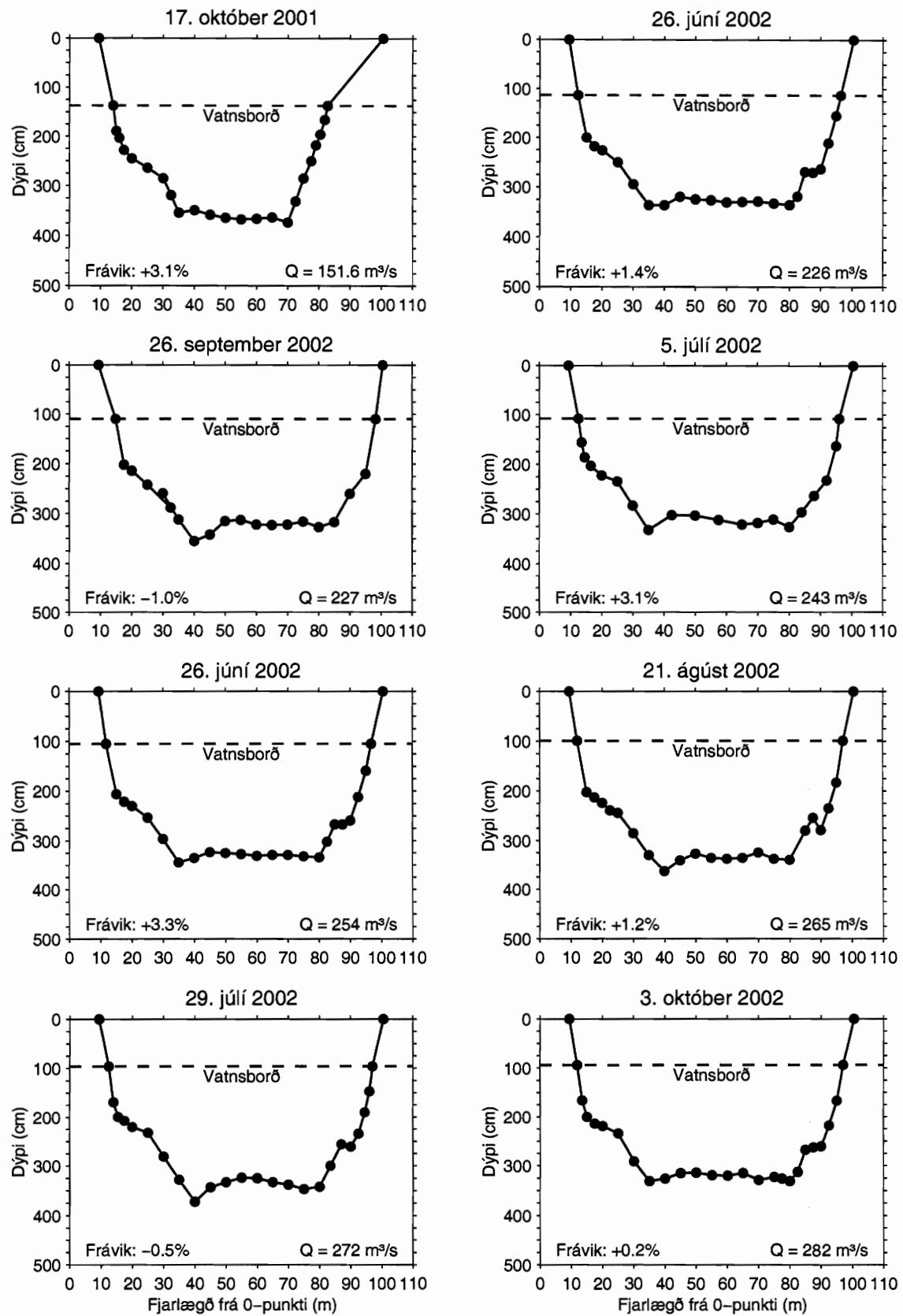
Mynd 3: Rennslismælingar sumarið 2002 og rennslisferill samkvæmt lykli 8.
Rennslismælingar eru táknaðar með ferningum.



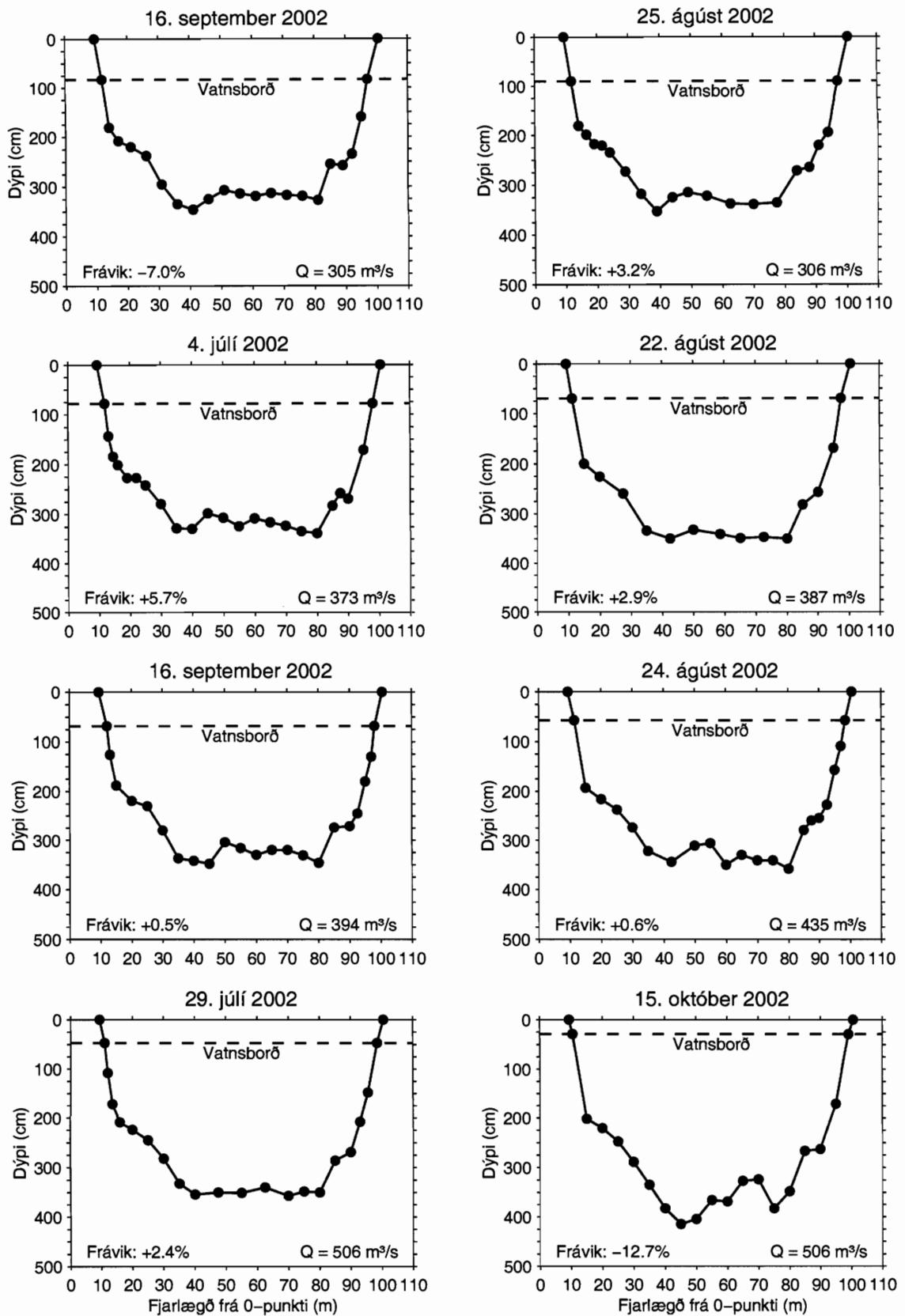
Mynd 4: Rennslismælingar við Hjarðarhaga árið 2002 bornar saman við mælingar 1995–2001 ásamt lyklum 6, 7 og 8. Lóðréttar brotalínur afmarka þau rennslisbil sem gögnum ársins 2000 og 2001 var skipt niður í.

Myndir 5 til 7 sýna dýptarsnið sem mæld voru sumarið 2002 í tengslum við rennslis- og svifaursýnamælingar, auk þess sem ein mæling frá október 2001 er sýnd. Þessar myndir eru sambærilegar myndum í skyrslum frá 2001 og 2002 sem sýna rennslismælingar og dýptarsnið áranna 2000 og 2001 (Ásgeir Gunnarsson o.fl. 2001; Jórunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson 2002). Dýptarsniðunum er raðað upp eftir vaxandi rennsli þar sem 0 punktur dýpis á öllum myndum miðast við vatnsborð við mesta rennsli. Allar myndir eru í sama kvarða til að auðvelda samanburð milli myndanna.

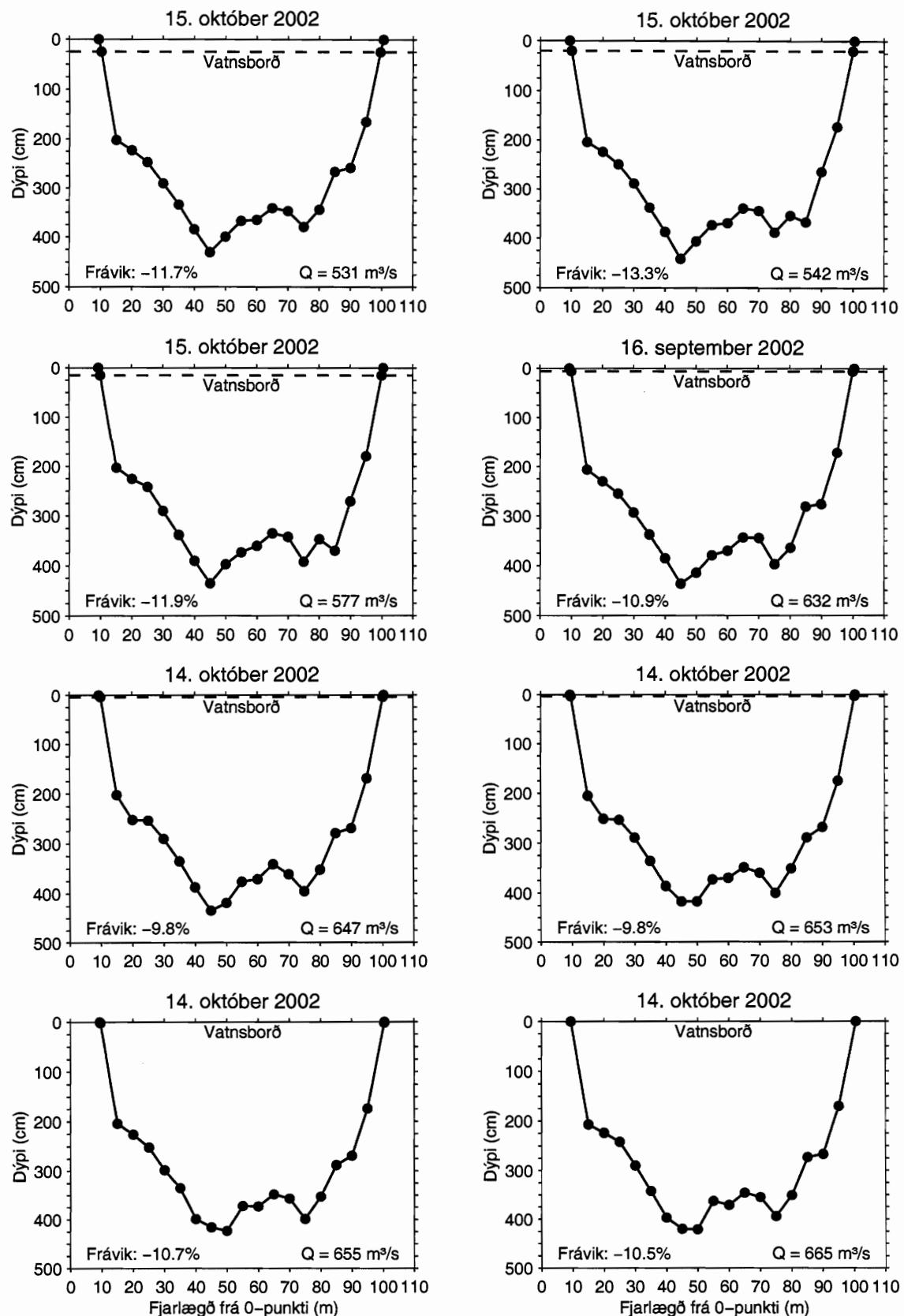
Farvegurinn undir kláfnum við Hjarðarhaga tekur nokkrum breytingum yfir rennslismælingartímann. Mælingin frá 2001 sýnir að við svona lítið rennsli ($Q=152 \text{ m}^3/\text{s}$) hefur áin runnið nær vinstri bakka (minni fjarlægð frá 0-punkti) en þegar rennsli eykst eftir að jöklaleysing byrjar. Lögun farvegarins helst tiltölulega svipuð yfir sumarið, þ.e. brattur farvegur við hægri bakka en heldur meira aflíðandi við vinstri bakka. Dýpt farvegarins breytist hins vegar töluvert og virðist hann dýpka með auknu rennsli, svipað og hann hefur haft tilhneigingu til 2000 og 2001, auk þess sem hann verður heldur ójafnari. Í flóðunum í október var hann sérstaklega djúpur og náði um 450 cm dýpt í sumum mælingunum. Töluverður munur var þó á milli farvegsdýptar við sama rennsli ($506 \text{ m}^3/\text{s}$) í júlílok og í októberflóðum þar sem farvegurinn í október er allt að 75 cm dýpri og áin hefur að auki grafið sig niður í litla ála (neðstu tvær smámyndirnar á mynd 6). Mögulegt er að minni aurburður í lok jöklleysingar hafa aukið rofgetu árinnar.



Mynd 5: Átta dýptarsnið í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga undir rafdrifna kláfnum raðað eftir auknu rennsli.



Mynd 6: Átta dýptarsnið í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga undir rafdrifna kláfnum raðað eftir auknu rennsli.



Mynd 7: Átta dýptarsnið í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga undir rafdrifna kláfnum raðað eftir auknu rennsli.

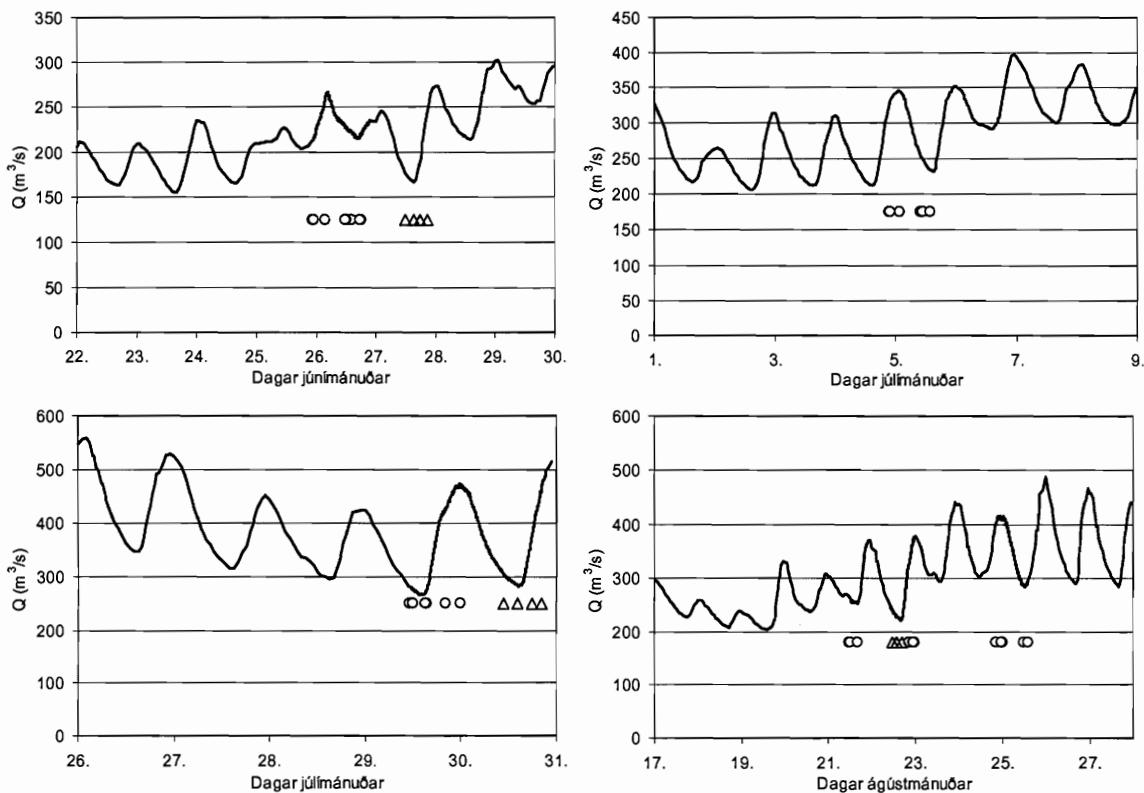
3 SVIFAURSMÆLINGAR

3.1 Samanburður á svifaursstyrk við brúna og kláfinn hjá Hjarðarhaga

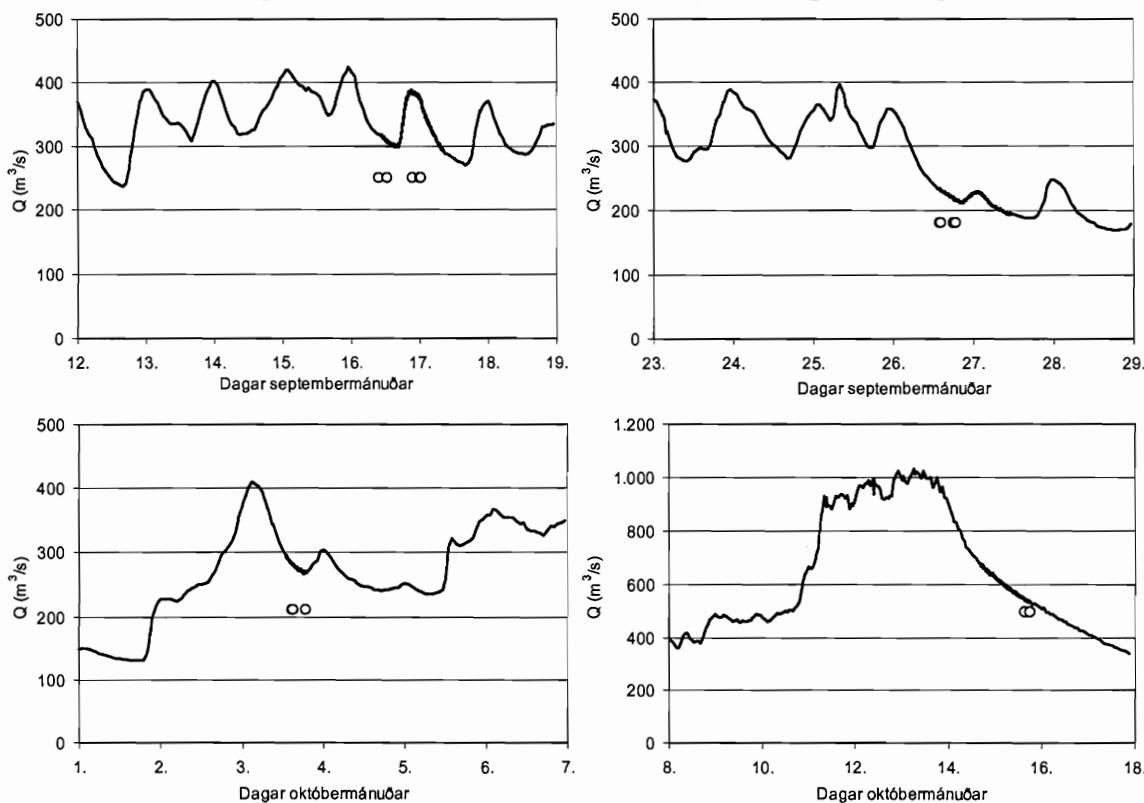
Svifaurssýni hafa í gegnum tíðina verið tekin af brúnni um 1 km ofan við bæinn Hjarðarhaga á Jökuldal. Þegar mikið vatn er í ánni eru straumhraði og iðuköst svo mikil undir brúnni að sýnatakann rekur undan straumnum og kemst ekki niður á botn þar sem grófasta efnið er mest (sjá t.d. skýrslur Svans Pálssonar og Sigfinns Snorrasonar 1996; Hauks Tómassonar o.fl. 1996; Svans Pálssonar o.fl. 2000; Ásgeirs Gunnarssonar o.fl. 2001; Jórunnar Harðardóttur og Ásgeirs Gunnarssonar 2002). Þar að auki hefur þurft að nota þróngan inntaksstút (yfirleitt 2 mm) svo að sýnaflöskurnar yfirfyllist ekki. Vegna þessara annmarka í miklu vatni á sýnatökustaðnum hefur verið talið að grófur aur skili sér ekki sem skyldi í sýnatakann þrátt fyrir að iðuköstin stuðli að einhverju marki að blöndun grófs aurs ofar í vatnsbolnum. Rafdrifinn kláfur var byggður á hefðbundum rennslismælistað um 2 km neðan við brúna árið 1998 og sama ár var byrjað að taka samanburðarsýni af kláfnum og brúnni. Tekin voru fimm sýnapör árið 1998 og þrjú árið 1999, en árið 2000 var byrjað að rennslismæla við Hjarðarhaga mun örar á jökulleysingatímabilinu frá miðjum júní og fram í október og hafa svifaurssýnapör verið tekin í tengslum við þær mælingar síðan þá, a.m.k. 14 á hverju sumri (Svanur Pálsson og Ásgeir Gunnarsson 1998; 1999; Ásgeir Gunnarsson o.fl. 2001; Jórunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson 2002).

Samanburðarsýnin af brúnni hafa alltaf verið tekin í hefðbundinn svifaurssýnataka (S49) með spili aurburðarbíls Vatnamælinga. Sýnin sem tekin eru af rafdrifna kláfnum eru hins vegar tekin með svokölluðum P61 sýnataka, en hann er með opnanlegan inntaksstút sem er 4,5 mm í þvermál. Sýnatakinn er láttinn síga niður á botn (stútur er þá í 10 cm hæð yfir botni), þá er opnað fyrir stútinn og sýnatakinn dreginn upp. Áin rennur nokkuð jafnt undir kláfnum og hafa sýni frá fyrri árum yfirleitt verið tekin í 30, 40, 50, 60 og 70 m fjarlægð frá húsi Vatnamælinga, sem staðsett er um 12–15 m frá vinstri bakka í meðal summarvatni. Svo var einnig árið 2002 nema sýnin, sem tekin voru dagana 4.–5. júlí, 16.–17. september og 15. október, en þau voru tekin á 40, 50, 60, 70 og 80 m.

Sýnatakan árið 2002 fór fram í níu lotum þar sem tekin voru 30 svifaurssýnapör af brú og kláfi. Á myndum 8 og 9 er tímasetning sýnatökunnar borin saman við rennslisferil skv. stafrænum vatnshæðargögnum og rennslislykli 8. Á fyrri myndinni er einnig sýnd tímasetning svifaurssýna sem tekin voru í tengslum skriðaurssýnatöku (opnir þríhyrningar), en um þær niðurstöður verður fjallað síðar. Þetta árið voru fyrstu sýnin tekin þann 25. júní og þau síðustu 15. október en þá voru mikil flóð á Austurlandi vegna mikillar rigningar og leysinga.



Mynd 8: Rennsli Jökulsár við Hjarðarhaga nærrí sýnatöku í júní–ágúst 2002.
Samanburðarsýnapör af kláfi og brú eru táknuð með opnum hringjum en svifaursýnir
tekin í tengslum við skriðaurssýnatöku eru sýnd með þríhyrningum.



Mynd 9: Rennsli Jökulsár við Hjarðarhaga nærrí sýnatöku í september og október
2002 og tímasetning svifaursýnatöku (opnir hringir).

Þegar fyrsta sýnalotan fór fram var jökulleysing greinilega byrjuð þó að dægursveiflan hafi ekki verið mjög regluleg þegar fyrstu sýnin voru tekin þann 25. júní við ört hækkandi rennsli. Seinni sýnatökupörin voru hins vegar tekin nálægt lágmarki dægursveiflu þann 26. júní (mynd 8a). Í framhaldi af þessari sýnatökuferð voru tekin skriðaurssýni og í tengslum við þau voru fjögur svifaursssýni tekin þann 27. júní (sjá umfjöllun um þau síðar). Dægursveiflan var orðin reglulegri í annarri ferðinni þar sem sýni voru tekin bæði nálægt hámarki og lágmarki dægursveiflu frá því fyrir miðnætti þann 4. og fram til 5. júlí. Þriðja sýnatökuferðin var einnig framlengd með skriðaurssýnatöku og voru hefðbundnu svifaursssýnin tekin þann 29. júlí við lágmark og rétt fyrir hámark dægursveiflu en sýnin tengd skriðaurssýnatökunni voru tekin þann 30. júlí nálægt lágmarki dægursveiflu. Á fjórðu smámynd myndar 8 sést tímabil sýnatöku í fjórðu og fimmstu ferðinni sem farið var í nokkrum dögum síðar. Í fjórðu ferðinni var sýnatökunni skipt upp vegna veður- og rennslisaðstæðna þannig að fyrri syrpan var tekin við óreglulegt lágmark dægursveiflu þann 21. ágúst, þá voru tekin skriðaurssýni og svifaursssýni tengd þeim, og að kvöldi 22. ágústs var seinni samanburðarsyrpan tekin. Rúmum tveimur dögum seinna var síðan heil svifaursssýnasyrpa tekin við hámark og lágmark dægursveiflu.

Á mynd 9a-d eru sýndir rennslisferlar og tímasetning sýnatöku í september og október. Dægursveifla var enn regluleg þann 16. september þegar farið var í sjöttu ferðina og sýni tekin við lágmark og hámark dægursveiflu (mynd 9a). Dægursveiflan var hins vegar orðin óreglulegri í lok september þó enn væri hún greinileg dagana fyrir sýnatökuna (mynd 9b). Rétt fyrir sjálfa sýnatökuna minnkaði rennslíð mikið og breyttist lítið á milli hámarks og lágmarks dægursveiflu og var því aðeins gerð ein rennslismæling og tvö sýnapör tekin í tengslum við hana. Í byrjun októbers var sýnataka í raun kláruð með tveimur sýnapörum sem tekin voru fyrir og eftir eina rennslismælingu, en tvö aukasýnapör voru hins vegar tekin í flóðamælingum þann 15. október þar sem ekki hafði náðst í sýni við jafn hátt rennslí allt sumarið.

Öll svifaursssýnin, þar á meðal aukasýnin frá 15. október, voru kornastærðargreind á aurburðarstofu Vatnamælinga Orkustofnunar, auk þess sem mældur var heildar-svifaursstyrkur og styrkur uppleystra efna (TDS). Fíngerðasti hluti sýnanna (<0,063 mm) var kornastærðargreindur með setvogarmælingu, en grófari efni með sigtun. Eins og áður var kornastærðarlínuritum skipt upp í fimm flokka til þess að einfalda úrvinnslu gagnanna og eru flokkarnir sýndir í töflu 1.

Tafla 1: Kornastærðarflokkar svifaurs.

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

Niðurstöður allra svifaursssýnapara frá Hjarðarhaga árið 2002, auk niðurstaðna svifaursssýna tengdum skriðaurssýnatöku (skáletruð), eru settar fram í töflu 2. Í töflunni eru sýnin sem tekin voru af rafdrifna kláfnum auðkennd með P61 en sýnin af brúnni með S49, en einnig er sýnt rennslí á sýnatökutímanum.

Tafla 2: Niðurstöður svifaursmælinga á sýnum teknum frá kláfnum (P61) og brúnni (S49). Sýnin merkt með skáletri neðst í töflunni tákna sýni sem tekin voru í tengslum við botnskriðsmælingar.

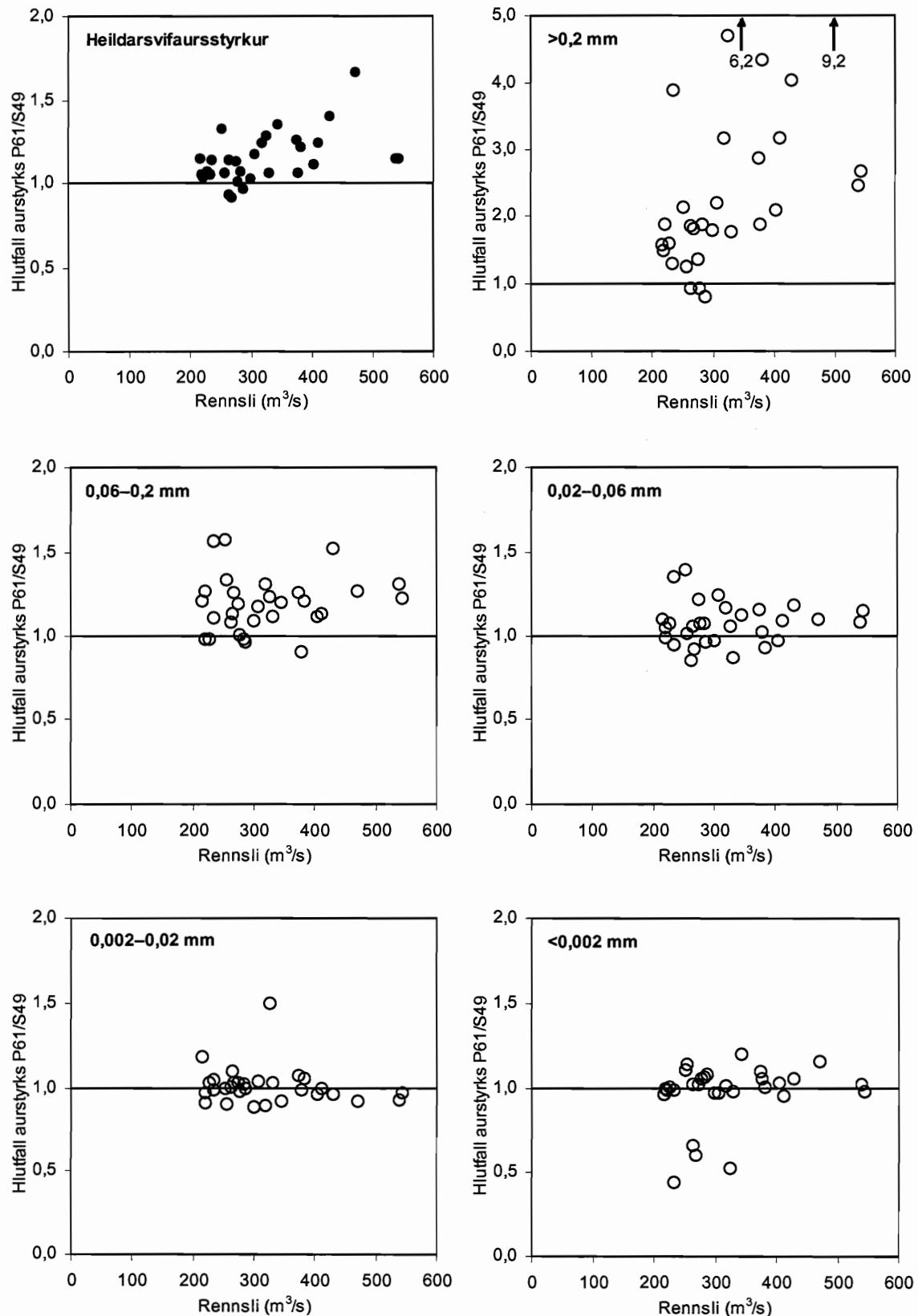
Dagsetning	Kl.	Rennsli (m ³ /s)	TDS (mg/l)	Aur- styrkur (mg/l)	Kornastærð (mg/l) stærðir í mm						Stærsta korn (mm)	Sýna- taki
					<0,002	0,02– 0,002	0,06– 0,02	0,2– 0,06	>0,2			
2002-06-25	23:00	216	43	443	97	137	80	80	49	1,5		P61
2002-06-25	22:20	212	42	386	100	116	73	66	31	0,8		S49
2002-06-26	04:08	264	41	1142	114	320	297	297	114	2,0		P61
2002-06-26	03:45	261	47	1008	111	292	282	262	61	1,2		S49
2002-06-26	12:12	227	40	618	99	185	130	130	74	1,4		P61
2002-06-26	11:50	226	49	577	98	179	121	133	46	1,1		S49
2002-06-26	18:00	220	36	464	102	144	84	83	51	1,0		P61
2002-06-26	17:40	218	53	448	103	148	85	85	27	1,5		S49
2002-07-04	21:20	325	42	2481	223	521	571	620	546	1,5		P61
2002-07-04	22:00	332	39	1932	425	348	541	502	116	0,7		S49
2002-07-05	01:32	344	37	3149	252	599	787	787	724	3,0		P61
2002-07-05	01:40	344	44	2337	210	654	701	655	117	0,8		S49
2002-07-05	10:10	252	38	1345	215	323	256	336	215	0,8		P61
2002-07-05	11:00	247	57	1015	193	325	183	213	101	1,5		S49
2002-07-05	13:45	234	45	1030	103	330	196	226	175	1,7		P61
2002-07-05	14:02	233	73	903	235	334	145	144	45	1,2		S49
2002-07-29	12:05	277	39	769	154	246	131	131	107	1,1		P61
2002-07-29	11:15	282	38	762	145	251	122	130	114	1,0		S49
2002-07-29	15:15	274	41	829	166	257	116	149	141	1,9		P61
2002-07-29	15:20	274	47	735	162	250	95	125	103	1,1		S49
2002-07-29	20:15	429	37	2287	206	503	480	572	526	2,1		P61
2002-07-29	20:15	429	41	1628	195	521	407	375	130	1,0		S49
2002-07-29	23:59	471	32	3151	220	504	599	599	1229	2,8		P61
2002-07-29	23:59	471	44	1886	189	547	547	471	132	1,0		S49
2002-08-21	12:00	263	48	529	53	206	106	111	53	1,1		P61
2002-08-21	11:40	263	34	570	80	205	125	103	57	1,1		S49
2002-08-21	16:15	255	35	591	89	201	118	112	71	1,0		P61
2002-08-21	16:00	253	39	558	78	223	117	84	56	0,9		S49
2002-08-22	20:38	330	37	1700	204	493	374	374	255	1,5		P61
2002-08-22	20:50	334	41	1600	208	480	432	336	144	1,5		S49
2002-08-22	23:20	377	37	2084	188	542	563	458	333	1,4		P61
2002-08-22	23:40	377	42	1962	177	549	549	510	177	1,0		S49
2002-08-24	20:20	404	25	1951	273	487	410	449	332	2,5		P61
2002-08-24	20:30	405	37	1753	263	508	421	403	158	1,0		S49
2002-08-24	23:30	411	42	1940	194	466	427	407	446	2,6		P61
2002-08-24	23:40	409	40	1564	203	469	391	360	141	0,9		S49
2002-08-25	11:15	287	38	1056	201	327	169	190	169	1,2		P61
2002-08-25	11:25	288	31	1094	186	328	175	197	208	1,7		S49
2002-08-25	14:00	299	40	1116	223	357	179	201	156	1,4		P61
2002-08-25	14:07	301	42	1089	229	403	185	185	87	0,9		S49
2002-09-16	09:45	318	37	1292	233	336	207	219	297	1,5		P61
2002-09-16	09:45	318	41	1044	230	376	177	167	94	1,2		S49
2002-09-16	12:30	306	38	1325	265	411	238	212	199	1,5		P61
2002-09-16	12:30	306	51	1129	271	395	192	181	90	0,8		S49
2002-09-16	21:20	382	39	2223	333	600	445	445	400	2,0		P61
2002-09-16	21:20	382	51	1838	331	570	478	367	92	0,8		S49

Dagsetning	Kl.	Rennsli (m ³ /s)	TDS (mg/l)	Aur- styrkur (mg/l)	Kornastærð (mg/l) stærðir í mm					Stærsta korn (mm)	Sýna- taki
					<0,002 0,002	0,02– 0,02	0,06– 0,02	0,2– 0,06	>0,2		
2002-09-17	00:10	374	42	1831	256	513	421	348	293	1,8	P61
2002-09-17	00:15	370	46	1454	233	480	363	276	102	1,0	S49
2002-09-26	13:55	233	31	667	107	253	127	113	67	0,9	P61
2002-09-26	14:20	230	37	637	108	242	134	102	51	1,5	S49
2002-09-26	18:05	219	36	663	139	219	126	113	66	1,1	P61
2002-09-26	18:30	219	34	632	139	240	120	89	44	0,9	S49
2002-10-03	14:40	283	51	2912	844	1136	408	320	204	1,7	P61
2002-10-03	15:00	281	55	2722	790	1116	381	326	109	1,4	S49
2002-10-03	18:36	268	55	2486	572	1119	323	273	199	1,5	P61
2002-10-03	18:50	270	48	2711	949	1084	352	217	109	1,5	S49
2002-10-15	15:00	543	58	2219	532	599	422	355	311	1,8	P61
2002-10-15	15:00	543	53	1936	542	620	368	290	116	1,6	S49
2002-10-15	17:45	535	66	1879	526	601	357	263	132	1,8	S49
2002-10-15	18:00	538	33	2151	538	559	387	344	323	2,0	P61
2002-06-27	12:00	176	45	432	86	164	91	69	22	0,9	P61
2002-06-27	15:10	167	41	429	86	159	86	77	21	0,7	P61
2002-06-27	17:50	191	38	484	82	140	102	111	49	1,1	P61
2002-06-27	20:40	263	44	877	105	228	202	237	105	1,0	P61
2002-07-30	10:40	306	33	1208	230	375	217	217	169	2,0	P61
2002-07-30	14:07	285	33	1112	289	367	167	178	111	1,4	P61
2002-07-30	17:50	377	43	1765	300	476	265	371	353	2,3	P61
2002-07-30	20:17	461	38	2653	371	663	531	557	531	2,7	P61
2002-08-22	11:41	238	33	907	163	318	181	154	91	1,1	P61
2002-08-22	13:53	229	26	807	153	307	153	113	81	1,0	P61
2002-08-22	16:47	227	55	767	161	299	115	115	77	1,0	P61

Til að bera saman kláf- og brúarsýnin var reiknað út hlutfall þessara sýna (P61/S49) fyrir hvern kornastærðarflokk í öllum sýnapörum og er hlutfallið P61/S49 sýnt á mynd 10 á móti rennsli. Greinilegur mismunur er á hlutfallinu milli kornastærðaflokka þar sem hlutfallið er hærra en 1 fyrir flest sýni, þ.e. styrkur kláfsýna (P61) er meiri, þegar skoðaður er heildarstyrkur og styrkur sands (>0,2 mm) og grófmós (0,2–0,06mm). Í finmós- (0,06–0,02 mm), mélu- (0,02–0,002 mm) og leirflokkunum (<0,002 mm) er styrkur fleiri kláfsýna einnig meiri en brúarsýna, en mismunurinn milli sýnategundanna er minni. Að vísu hafa fjögur brúarsýnanna nokkuð hærri leirstyrk en kláfsýnin og má í tveimur þessum sýna hugsanlega útskýra hann með lágum sandstyrk þessara sömu brúarsýna þar sem útreikningar á milli kornastærðarflokka byggjast á prósentu-útreikningum og styrkur eins eða fleiri flokka verður að aukast ef styrkur annars flokks minnkar. Hinn mikli munur á sandstyrk kláf- og brúarsýna bendir til að P61 sýnatakinn nái frekar að safna í sig grófasta efninu við botn en S49 sýnatakinn. Í a.m.k. einu sýni (2002-07-29 23:59) er þó mögulegt að P61 sýnatakinn hafi náð að safna í sig hluta af skriðaurnum þar sem sandstyrkur þess er óeðlilega hár og stærsta korn þess nær 2,8 mm. Fínmór og fingerðara efni er hins vegar betur dreift um vatnsbolinn eins og sést á minni dreifingu P61/S49 hlutfallsins fyrir þessa kornastærðarflokka.

Ef styrkhlutfallið er borið saman við sýni frá árunum 2000 og 2001 sést að hinn hái sandstyrkur kláfsýna miðað við brúarsýna er heldur meiri árið 2002 en árin 2000 og 2001 (Ásgeir Gunnarsson o.fl. 2001; Jórunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson). Það sama er þó um að ræða í hinum kornarstærðarflokunum einnig, þ.e. styrkhlutfallið P61/S49 var einnig hærra í fingerðari flokkunum, ef frá er skilinn grófmósflokkurinn, árið 2002 en það var árin 2000 og 2001. Hver ástæðan er fyrir þessum aukna styrk kláfsýna þetta árið er óljós, en ekki virðist skipta málí að kláfsýnin voru tekin á öðrum

breiddum í þremur sýnatökusyrpum eins og sagt var frá fyrr í skýrslunni þar sem þau sýni skera sig ekki úr fjöldanum.



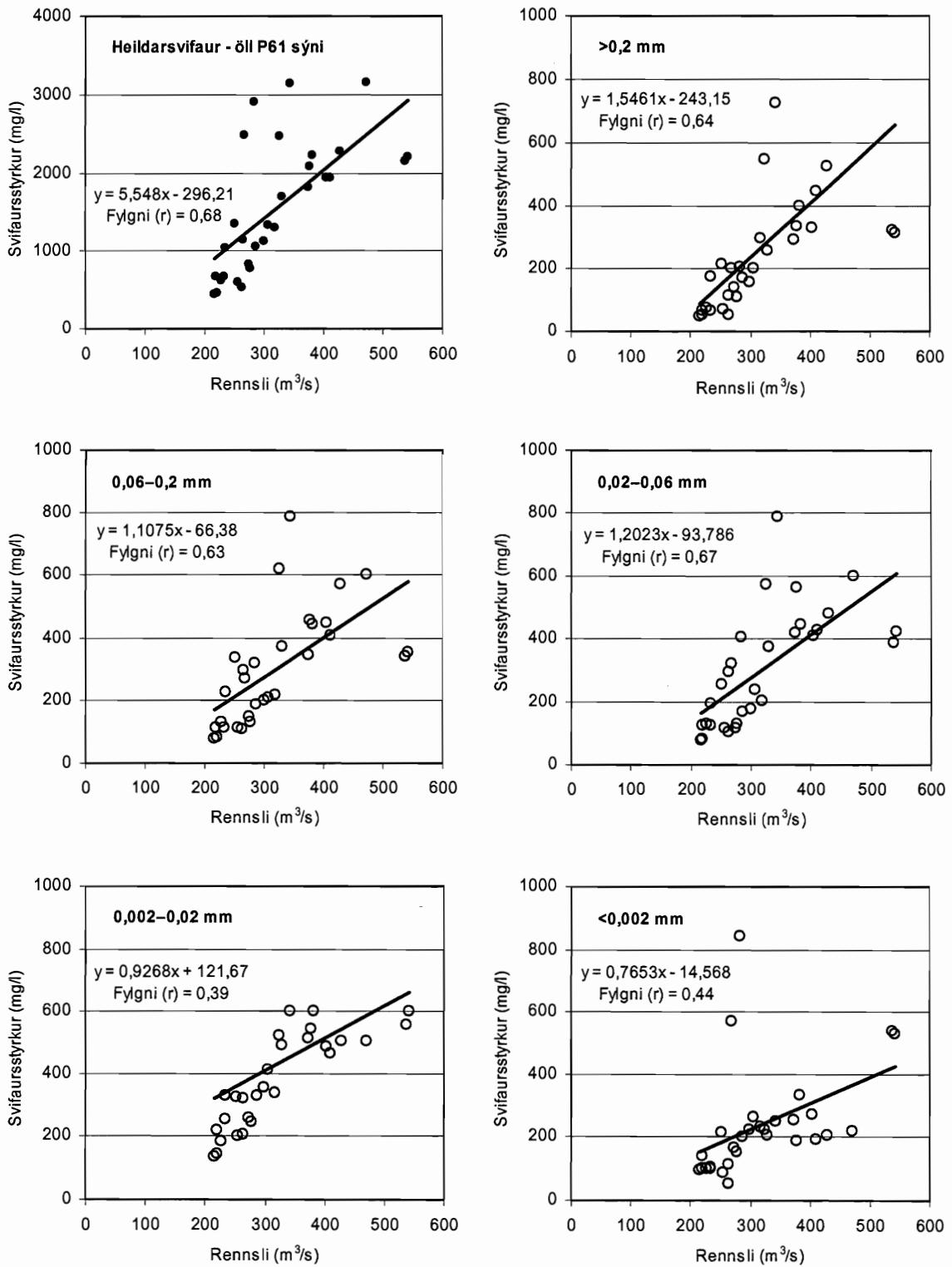
Mynd 10: Hlutföll svifaursstyrks, sýni tekin í P61/S49 sýnataka.

Fylgni (r) heildarsvifaursstyrks og svifaursstyrks hinna fimm kornastærðarflokka við rennsli var skoðuð í P61 kláfsýnum eins og gert var árin 2000 og 2001 (mynd 11). Fylgni heildarsvifaurs og þriggja gráfustu kornastærðarflokksanna var svipuð (0,63–0,68) en fylgni mélu og leirs mun lægri, þ.e. 0,39 og 0,44.

Athygli vekur að fylgni 2002 sýnanna við rennsli er heldur minni en árin áður, en hún var frá 0,60–0,96 árið 2000 og 0,74–0,92 árið 2001 (Ásgeir Gunnarsson o.fl. 2001; Jórunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson). Þá var fylgni leirs og sands við rennsli minnst og útskýrð með eðlisþáttum kornarstærðarflokksanna, þ.e. að kornastærðin leir er tiltölulega jafndreifð um vatnsbolinn og lítt háð rennsli, á meðan sandur flytjist fram í púlsum innan vatnsbolsins, sem hugsanlega veldur minni fylgni sands við rennsli.

Hugsanlegt er að þessi munur á milli ára sé að einhverju leyti tilkominn vegna óvenjulegra aðstæðna við Hjarðarhaga þegar sum sýnin voru tekin síðastliðið ár. T.d. voru síðustu sýnin tekin í miklum flóðum um miðjan október, á tímabili þegar jökulleysing var orðin lítil. Styrkur tveggja sýnapara frá 3. október mældist hins vegar mjög hár við hlutfallslega lágt rennsli, en rennsli var þá í lágmarki óreglulegrar dægursveiflu ($<300 \text{ m}^3/\text{s}$) eftir að rennsli hafði náð um $420 \text{ m}^3/\text{s}$ fyrr um daginn. Skoða þarf þessar breytur frekar í tengslum við veðurgögn til að meta betur ástæðuna fyrir þessari lágu fylgni árið 2002 miðað við árin 2000 og 2001.

Hin mikla fylgni aurstyrks við rennsli fyrir árin tvö á undan var mun meiri en í eldri gögnum. Þetta er auðskýrt þar sem sýnin í eldri gögnum eru tekin með mismunandi sýnatökuaðferðum og á tveimur sýnatökustöðum og því ekki sambærileg við niðurstöðurnar frá árunum 2000 og 2001, sem sýna eingöngu P61 sýni tekin á einum stað. Niðurstöður áranna 2000 og 2001 bentu til þess að hugsanlega væri hægt að endurreikna svifaursframburð aftur í tímann með aurburðarlyklum sem byggja á fylgni rennslis og svifaursstyrks (mg/l) í stað lykla sem byggja á rennsli og framburði (kg/s). Greinilegt er að áður en það er hægt vantar fleiri sýni svo að hægt sé að rannsaka breytileika í svifaursstyrk á milli ára.



Mynd 11: Tengsl rennslis og svifaurs af mismunandi kornastærðarflokkum, P61 sýni.

3.2 Samanburður á svifaursstyrk við Brú og Hjarðarhaga

Árið 2002 voru sjö sýnapör tekin við Brú og Hjarðarhaga í tengslum við efnavöktunarverkefni sem Landsvirkjun, Raunvísindastofnun Háskólangs, Vatna-mælingar og Auðlindadeild Orkustofnunar og Hollustuvernd hafa staðið að (Sigurður R. Gíslason o.fl. 2000, 2001, 2002, 2003). Niðurstöður kornastærðarmælinga þessara sýna eru sýndar í töflu 3 en þær eru notaðar til að bera saman svifaursframburð milli þessara tveggja staða. Yfirleitt liðu um tvær klukkustundir á milli sýnatöku við Brú og við Hjarðarhaga, en rennslistoppur er yfirleitt um 3–5 klukkustundir á leiðinni á milli þessara staða. Tímamismunurinn var talinn innan viðunandi marka til að hægt væri að bera saman sýnin frá Brú og Hjarðarhaga.

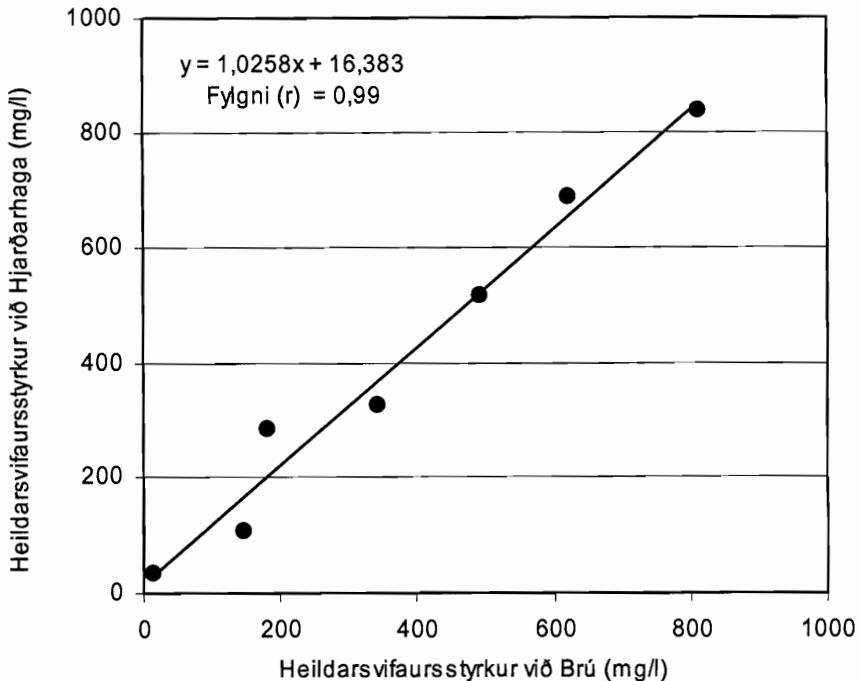
Tafla 3: Niðurstöður kornastærðarmælinga svifaursþýnapara frá Brú og Hjarðarhaga sumarið 2002.

Tökustaður	Dagsetning	Kl.	Rennsli (m ³ /s)	TDS (mg/l)	Aur- styrkur (mg/l)	Kornastærð (mg/l) stærdir í mm					Stærsta korn (mm)	Sýna- taki**
						<0,002 0,002	0,02- 0,02	0,06- 0,02	0,2- 0,06	>0,2		
Brú Hjarðarhagi	2002.03.18	12:20	8*	77	15	7	6	1	1	0	0,5	DH48
	2002.03.18	14:30	13*	87	35	8	9	1	4	13	0,9	DH48
Brú Hjarðarhagi	2002.04.22	11:30	128	31	181	16	63	34	44	24	0,9	S49
	2002.04.22	13:30	307	26	285	6	74	46	77	82	1,7	S49
Brú Hjarðarhagi	2002.06.04	09:00	73	25	148	31	91	7	7	12	1	S49
	2002.06.04	11:05	158	30	108	19	69	9	8	3	0,6	S49
Brú Hjarðarhagi	2002.06.25	09:30	169	42	492	113	162	94	84	39	0,8	S49
	2002.06.25	11:50	225	42	516	113	160	88	119	36	0,9	S49
Brú Hjarðarhagi	2002.08.13	10:20	308	43	622	106	230	100	99	87	1,4	S49
	2002.08.13	12:50	289	59	686	123	240	117	110	96	1,5	S49
Brú Hjarðarhagi	2002.09.18	11:00	260	22	812	227	284	130	106	65	0,8	S49
	2002.09.18	13:00	286	40	838	218	302	142	109	67	1,1	S49
Brú Hjarðarhagi	2002.10.22	12:40		88	343	158	123	45	10	7	0,9	S49
	2002.10.22	14:45	149	55	327	190	121	10	3	3	0,5	S49

*merkir að rennsli sé ístruflað og því áætlað. ** DH48 táknað handsýnataka og S49 hefðbundinn svifaursþýnataka á spili.

Tafla 3 sýnir að rennsli við Hjarðarhaga er alltaf hærra en við Brú og er það eðlilegt þar sem á milli Brúar og Hjarðarhaga bætast nokkur smærri vatnsföll við Jökulsá á Dal. Þar að auki er tíminn á milli sýnaparanna heldur styttri en það tekur vatn að renna á milli staðanna og því getur verið að sýni sem tekin voru nálægt lágmarki dægursveiflu við Brú hafi verið tekin rétt fyrir lágmark sömu dægursveiflu við Hjarðarhaga og þar af leiðandi við hlutfallslega hærra rennsli.

Aurstyrkur sýnanna frá Brú var lægri í fimm sýnum af sjö, en árin á undan hafa Brúarsýnin ýmist haft lægri eða hærri styrk en Hjarðarhagasýnin (Ásgeir Gunnarsson o.fl. 2001; Jórunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson 2002). Eins og sést á mynd 12 er fylgni heildarsvifaurs í sýnum frá stöðunum tveimur mjög góð (r=0,99), sem er svipuð fylgni og árið 2001 (r=0,97). Sýnin frá árinu 2002 bætast í sambærilegt safn sýnataka frá Brú og Hjarðarhaga frá fyrri árum (t.d. Svanur Pálsson o.fl. 2000).



Mynd 12: Samband heildarsvifaursstyrks sýna frá Brú og Hjarðarhaga.

4 SKRIÐAURSMÆLINGAR

Árið 2002 var haldið áfram með mælingar á skriðaur við Hjarðarhaga sem hófust sumarið 2000 (VST og Orkustofnun 2003). Þetta árið voru þrjár svifaursferðir framlengdar með einum til tveimur aukadögum þar sem skriðaurssýni og tengd svifaurssýni voru tekin.

4.1 Aðferðir við skriðaursmælingar

Skriðaurssýnin voru tekin á sömu breiddum og sýni áranna 2000 og 2001 (VST og Orkustofnun 2003), þ.e. á 20, 30, 40, 50, 60, 70 og 80 m frá húsi á vinstri bakka. Við sýnatökuna var notaður minni Helleys-Smith skriðaurssýnataki VM en hann er 47,7 kg þungur og með ca. $7,6 \times 7,6$ cm op. Sýnumum var safnað í poka með möskvastærðinni 250 μm sem var festur aftan í sýnatakann, en möskvastærðin á pokanum leyfir fingerðasta efninu að renna í gegn. Öll sýnin voru vegin á staðnum en þau sýni sem tekin voru frá til kornastærðarmælinga voru flutt til Reykjavíkur og þurrkuð í ofni við 60°C áður en þau 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 phistærð. Phi (ϕ) kvarðinn er mikið notaður við útreikninga á afleiddum kornastærðar-eiginleikum enda einfaldar notkun hans tölfræðilega útreikninga (Boggs 1995).

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

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

þar sem d er þvermál korna í mm.

Tafla 4 sýnir samanburð á stærðum í mm og stærðum í ϕ .

Tafla 4: Samanburður stærða í mm og í ϕ -gildum.

mm	phi (ϕ)	mm	phi (ϕ)	mm	phi (ϕ)	mm	phi (ϕ)
64,0	-6	8,00	-3	1,00	0	0,125	3
44,8	-5,5	5,66	-2,5	0,71	0,5	0,088	3,5
32,0	-5	4,00	-2	0,50	1	0,063	4
22,4	-4,5	2,83	-1,5	0,35	1,5		
16,0	-4	2,00	-1	0,25	2	<0,063	panna
11,2	-3,5	1,41	-0,5	0,18	2,5		

Í skýrslunni eru kornastærðargögnin sett fram sem safntíðniferlar á línulegum phikvarða. 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 táknaðar eru 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 þönnu við sigtun sleppt. Meðalstærð táknaðar 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 lögun 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 finu efni og er þá skakkagildið tiltölulega há jákvæð tala.

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

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

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

Heildarframburður skriðaurs gegnum þversniðið var síðan reiknaður með eftirfarandi jöfnu:

Heildarframburður gegnum þversnið:

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

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:

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 þversnið árinna er jöfn fyrreiknuðu Q_b .

4.2 Framburður skriðaurs

Í ferðunum þremur voru á hverri stöð tekin a.m.k. 10 sýni og var einu til þremur sýnum af hverri stöð safnað til kornastærðargreiningar á aurburðarstofu VM. Í töflu 5 má sjá þann sýnafjölda sem tekinn var þessa daga og jafnframt hve mörg þeirra voru kornastærðargreind.

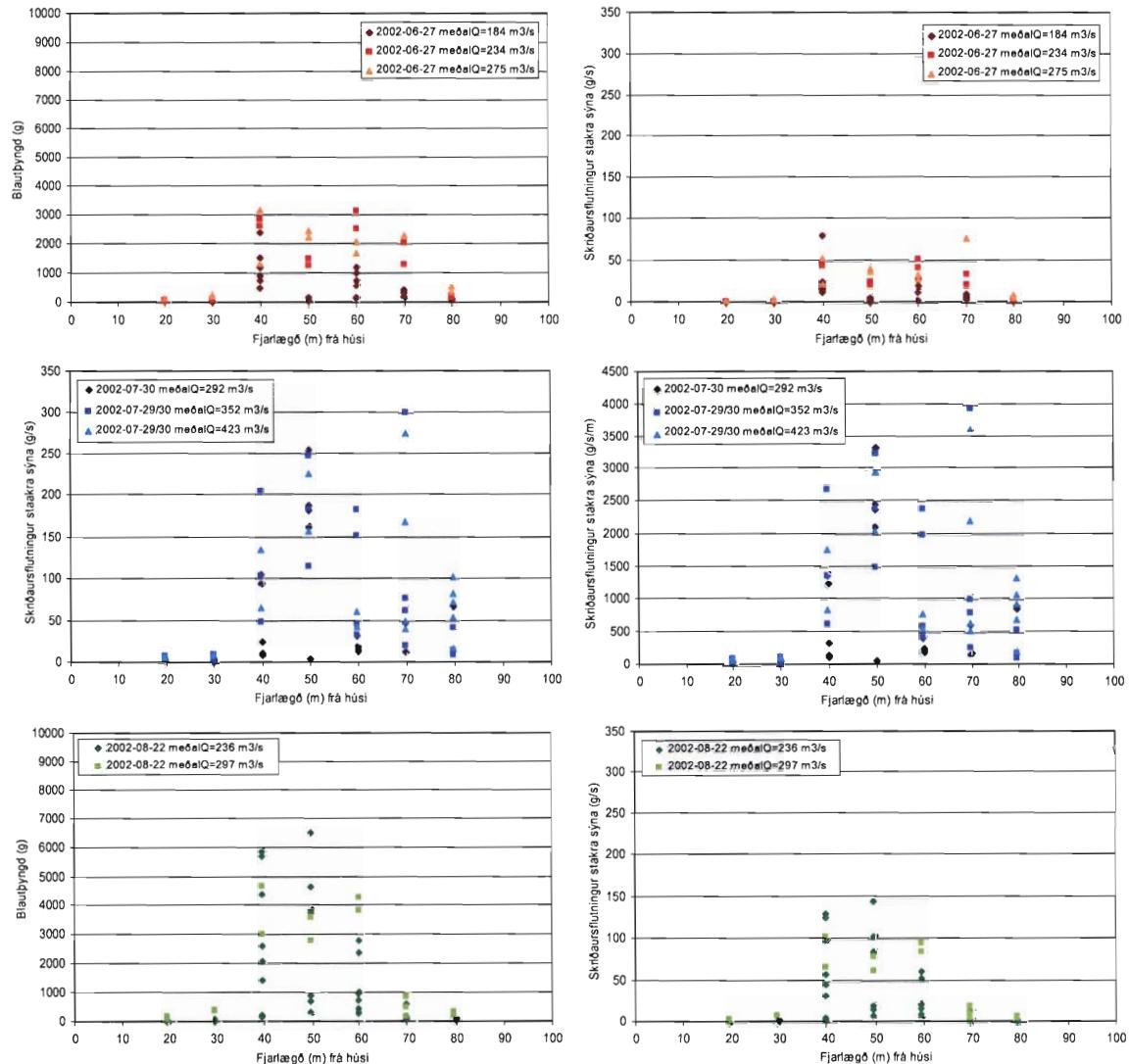
Tafla 5: Fjöldi svifaursýna sem tekin voru í tengslum við skriðaursmælingar.

Dagssetning	Fjöldi skriðaurssýna	Fjöldi svifaursýna	Fjöldi kornastærðargreindra skriðaurssýna
27. júní 2002	70	4	10
29–30. júlí 2002	73	4	10
22. ágúst 2002	70	3	10

Rennslið var nokkuð breytilegt innan hverrar ferðar og á milli ferðanna þriggja. Í fyrstu ferðinni voru sýni tekin við rennsli á bilinu 167–272 m³/s, í annarri ferðinni sveiflaðist rennsli frá 283 til 455 m³/s og í þriðju ferðinni í ágúst var rennsli á bilinu 222 til 317 m³/s. Vegna þess hve rennslið var breytilegt innan hverrar ferðar var sýnum skipt upp í two til þrjá flokka innan hverrar ferðar eftir rennsli og var niðurstöðunum skipt niður eftir þessum flokkum eins og sést á mynd 13. Sama flokkun er notuð síðar þegar heildarflutningur skriðaurs er reiknaður út fyrir hvert rennslisbil.

Á mynd 13 er bæði sýnd þyngd sýna og skriðaursframburður hvers sýnis eftir að deilt hefur verið með tímanum sem sýnatakinn var hafður niðri við botn. Reynt var að halda sig við sama tímann í hverri ferð og var sýnatakinn niðri við botn í 60 s þegar flest sýni voru tekin í júní, í 30 s við töku allra júlíssýna og í 45 s þegar sýnin í ágúst voru tekin. Hægri og vinstri gröfin á mynd 13 eru því eins fyrir ferðirnar í júlí og ágúst, fyrir utan

mismunandi kvarða, þar sem sami sýnatökutíminn var notaður í gegnum alla sýnatökuna í þeim ferðum.



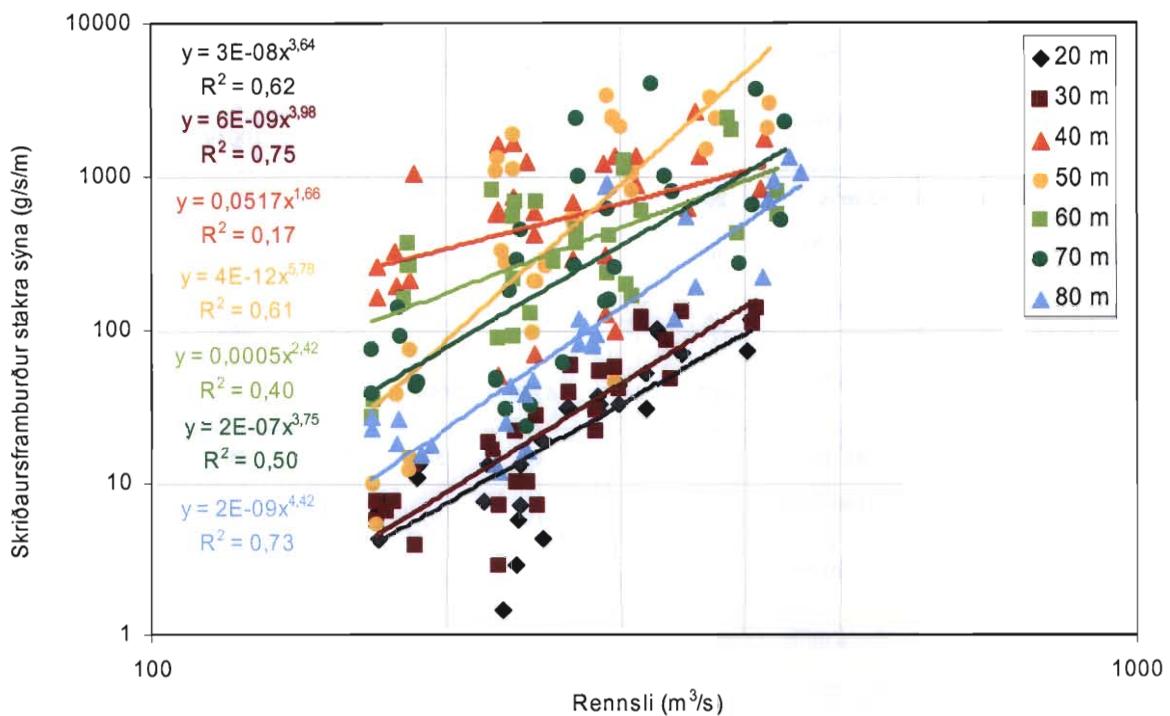
Mynd 13: Blautþyngd sýna og skriðaursflutningur hvers sýnis í hverri skriðaursferð sem farin var að Hjarðarhaga árið 2002.

Í hverri ferð var mikill munur á þyngd sýnanna á milli stöðva, svo og innan hverrar stöðvar fyrir sig. Mestur skriðaur var á ferðinni á 40 til 70 m svipað og hann var árin 2000 og 2001 (VST og Orkustofnun 2003). Í júlí virðist sýnaþyngd á 80 m þó hafa verið mun meiri en í hinum ferðunum (mynd 13) og að sama skapi virðist sýnaþyngd á 70 m hafa verið hlutfallslega minni í ágúst en í hinum ferðunum.

Hinn mikli breytileiki á skriðaursflutningi innan hverrar stöðvar er að hluta til vegna breytilegs rennslis innan sýnatökutímans. Munur á milli framburðar innan hvers rennslisbils í hverri ferð (hvert rennslisbil hefur sérstakan lit á mynd 13) er ekki mjög áberandi en þó má sjá að sýnin sem tekin voru við lægsta rennslið í hverri ferð eru heldur léttari.

Munur á sýnaframburði með rennsli er greinilegri á mynd 14 sem sýnir vensl allra sýnanna við rennsli á þeim tíma sem þeim var safnað. Greinilegt er að á öllum stöðvum

eykst framburður með rennsli en þó langminnst á 40 m þar sem R^2 er aðeins 0,17 á meðan fylgnin er frá 0,40 til 0,75 á öðrum stöðvum. Á mynd 14 sást einnig vel að minnstur skriðaur barst fram á stöðvum 20, 30 og 80 m.



Mynd 14: Vensl skriðaursframburðar stakra sýna við rennsli. Hver stöð hefur sinn eigin lit og á það bæði við um merki, leitnilínur og jöfnur.

Meðalflutningur á hverri stöð og heildarflutningur skriðaurs var fundinn fyrir hvert rennslisbil innan hvarrar ferðar, alls átta rennslisbil, með aðferðum sem lýst er í kafla 4.1. Niðurstöður þessa útreikninga eru sýndar í töflu 6 og settar fram myndrænt á mynd 15.

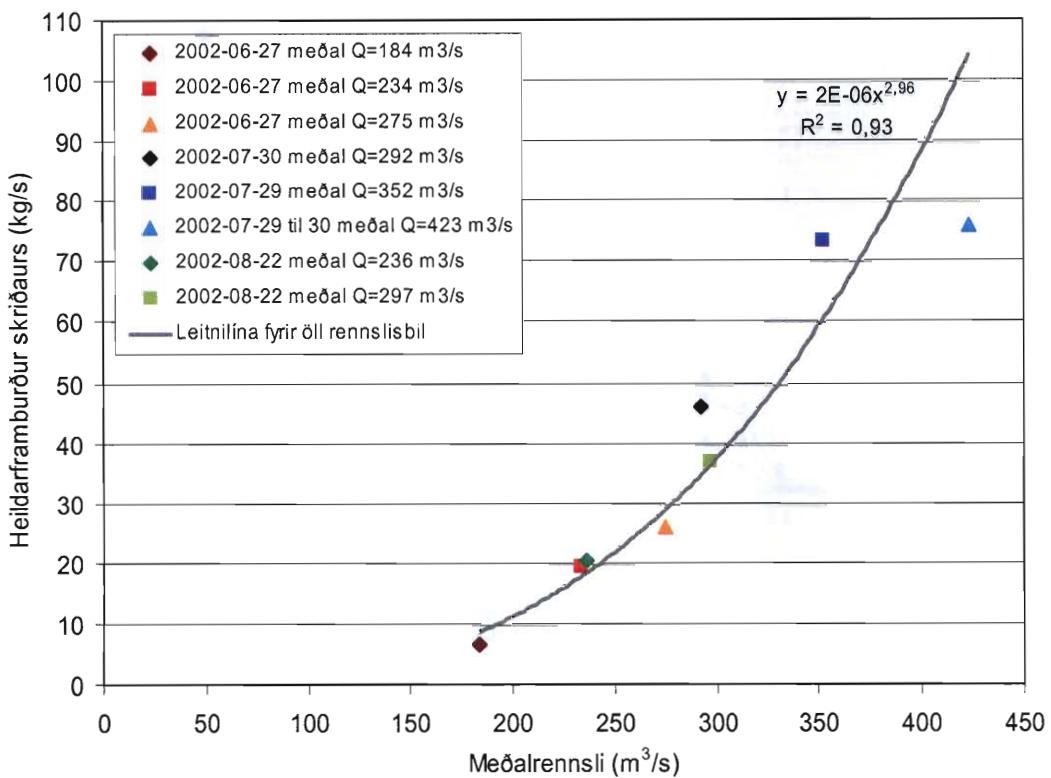
Tafla 6: Samandregnar niðurstöður skriðaurssýnatöku 27. júní, 29. og 30. júlí og 22. ágúst 2002 í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga. Hvert rennslisbil er táknað með sérstökum lit, sem er sá sami og á mynd 13.

2002-06-27 meðal Q=184 m³/s	20 m	30 m	40 m	50 m	60 m	70 m	80 m	Samanlagt
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	9	10	10	10	10	10	13	
Meðalskriðaursframburður á hverri stöð (g/s/m)	8	7	371	26	186	71	21	692 g/s/m
Heildarskriðaursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	75	74	3711	258	1863	714	270	7,0 kg/s
2002-06-27 meðal Q=234 m³/s	20	30	40	50	60	70	80	Samanlagt
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	9	10	10	10	10	10	13	
Meðalskriðaursframburður á hverri stöð (g/s/m)	10	17	601	302	620	366	43	1959 g/s/m
Heildarskriðaursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	92	175	6009	3018	6201	3658	544	19,7 kg/s

Tafla 6: Framhald.

2002-06-27 meðal Q=275 m³/s	20	30	40	50	60	70	80	Samanlagt
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	9	10	10	10	10	10	13	
Meðalskriðaursframburður á hverri stöð (g/s/m)	32	49	494	511	411	1004	99	2601 g/s/m
Heildarskriðaursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	282	492	4943	5113	4112	10039	1262	26,3 kg/s
2002-07-30 meðal Q=292 m³/s	20	30	40	50	60	70	80	Samanlagt
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	9	10	10	10	10	10	14	
Meðalskriðaursframburður á hverri stöð (g/s/m)	35	41	627	2065	254	386	885	4293 g/s/m
Heildarskriðaursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	310	411	6269	20652	2537	3860	11944	46,0 kg/s
2002-07-29 meðal Q=352 m³/s	20	30	40	50	60	70	80	Samanlagt
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	9	10	10	10	10	10	14	
Meðalskriðaursframburður á hverri stöð (g/s/m)	90	88	1559	2384	1353	1508	284	7265 g/s/m
Heildarskriðaursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	785	882	15588	23841	13528	15081	3829	73,5 kg/s
2002-07-29 og 30 meðal Q=423 m³/s	20	30	40	50	60	70	80	Samanlagt
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	9	10	10	10	10	10	14	
Meðalskriðaursframburður á hverri stöð (g/s/m)	95	125	1310	2517	681	1759	857	7344 g/s/m
Heildarskriðaursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	833	1247	13101	25175	6813	17585	11563	76,3 kg/s
2002-08-22 meðal Q=236 m³/s	20	30	40	50	60	70	80	Samanlagt
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	9	10	10	10	10	10	14	
Meðalskriðaursframburður á hverri stöð (g/s/m)	7	12	821	782	328	60	21	2031 g/s/m
Heildarskriðaursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	63	122	8211	7823	3275	600	284	20,4 kg/s
2002-08-22 meðal Q=297 m³/s	20	30	40	50	60	70	80	Samanlagt
Fjarlægð milli miðjupunkta stöðva (m)	9	10	10	10	10	10	14	
Meðalskriðaursframburður á hverri stöð (g/s/m)	42	115	1126	938	1188	182	89	3681 g/s/m
Heildarskriðaursframburður á milli miðjupunkta stöðva (g/s)	389	1152	11264	9383	11884	1823	1228	37,1 kg/s

Þegar meðalframburður heildarskriðaurs er skoðaður fyrir hvert rennslisbil sést að hann eykst greinilega með rennsli (mynd 15) og er mestur í júlíferðinni þegar rennslíð er hæst. Magn heildarframburðar skarast hins vegar fyrir rennslisbilin í júní og ágúst enda munar aðeins rúmlega 100 m³/s á meðalrennsli þessara rennslisbila (184–297 m³/s).



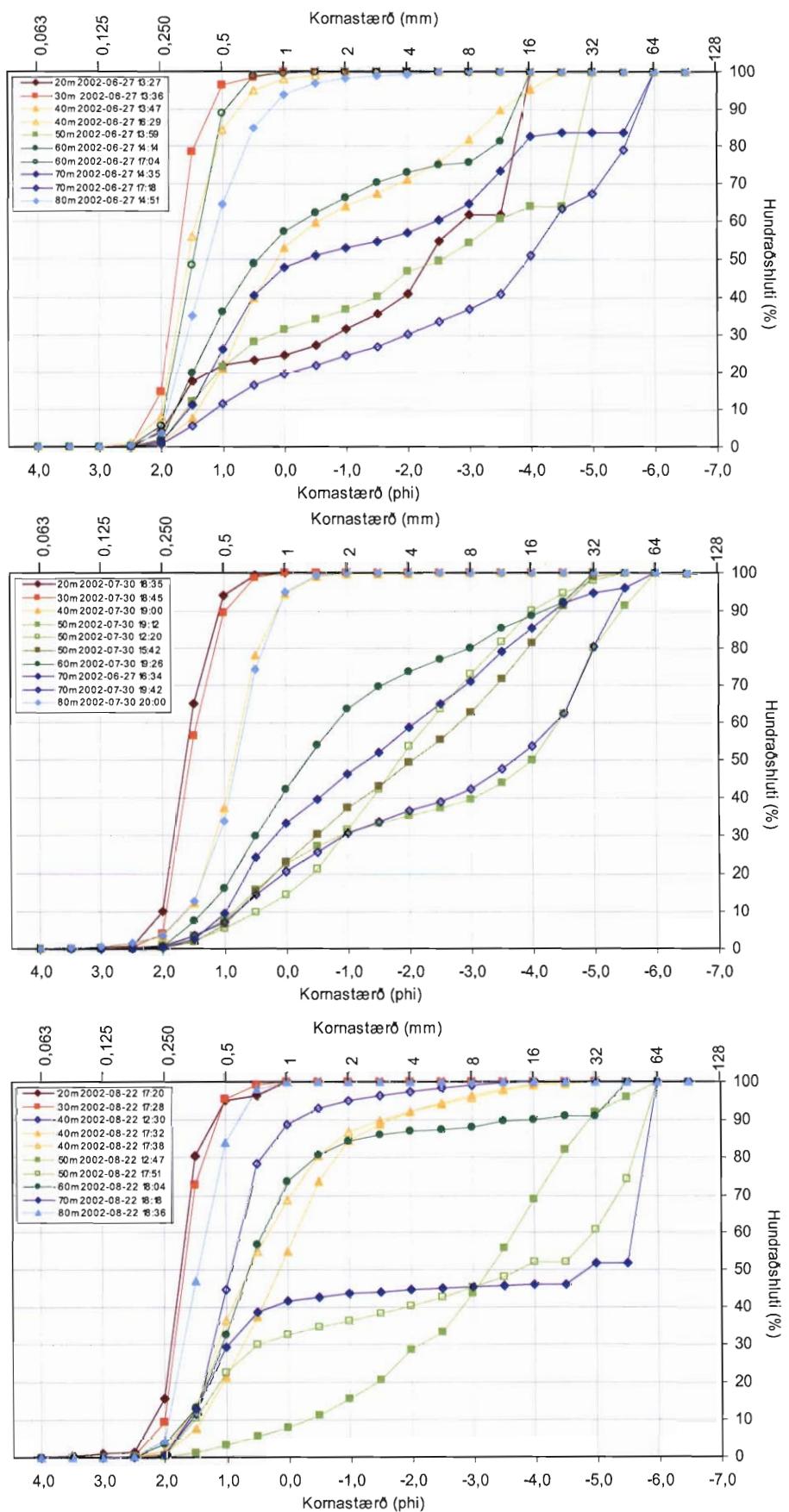
Mynd 15: Vensl heildarflutnings skriðaurs við meðalrennslisli hvers rennslisbils í ferðunum þremur að Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga sumarið 2002.

4.3 Kornastærðargreiningar skriðaurssýna

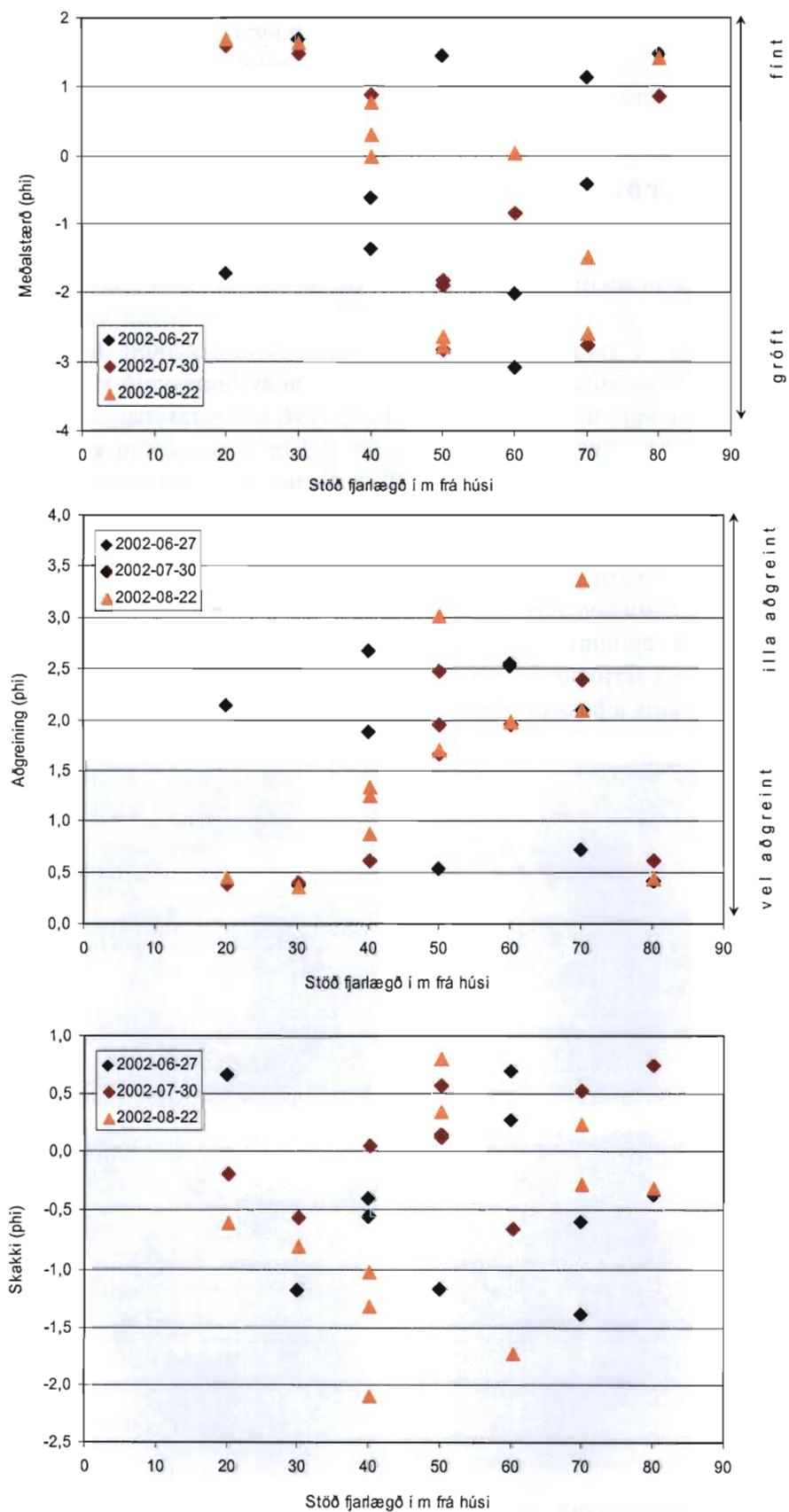
Eins og fram kom í töflu 5 voru 10 sýni kornastærðargreind úr hverri ferð, eitt til þrjú sýni af hverri stöð. Á mynd 16 eru sýnd safnlínurit fyrir kornastærðargreind skriðaurssýni úr ferðunum þremur. Sýni frá hverri stöð fyrir sig eru svipuð á litinn svo að samanburður á milli stöðva innan hverrar ferðar og á milli ferðanna þriggja sé auðveldari.

Mikill kornastærðarmunur er á milli sýnanna og eru sýnin sem tekin voru næst vinstri bakka (20 og 30 m) yfirleitt fingerðust ($>0 \phi$, þ.e. $<1 \text{ mm}$) fyrir utan eitt 20 m sýni (2002-06-27 13:27) sem var mjög gróft. Á flestum hinum stöðvunum var efnið stundum mjög misgróft milli sýna sem tekin er á sömu stöð í sömu ferð, sem og sýna sem tekin voru á sömu stöðvum en í mismunandi ferðum. Oft eru þó sýnin frá 50 og 70 m í grófari kantinum og sýni af 80 m tiltölulega fingerð. Tvö sýni sem tekin voru af 40 m í ágústferðinni skera sig nokkuð frá öðrum sýnum af sömu stöð þar sem þau eru grófustu sýnin sem safnað var í þeirri sýnatökuferð.

Einnig er hægt að meta grófleika og lögun kornastærðarferla sýnanna með því að skoða meðalstærð (mean), aðgreiningu (sorting) og skakka (skewness) eins og þessir eiginleikar eru reiknaðir út með afleiðuaðferð (moment statistics) (t.d. Boggs 1995) (mynd 17).



Mynd 16: Safntíðnilínurit fyrir kornastærðargreind skriðaurssýni sem tekin voru 27. júní, 30. júlí og 22. ágúst 2002.

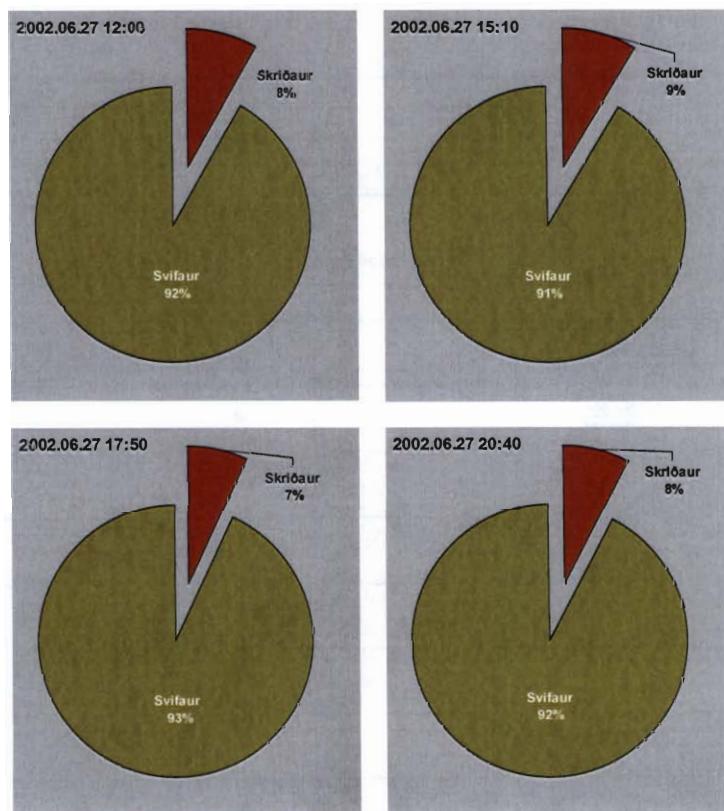


Mynd 17: Afleiddir kornastærðareiginleikar (meðalstærð, aðgreining og skakki) skriðaurssýna sem tekin voru 27. júní, 30. júlí og 22. ágúst 2002.

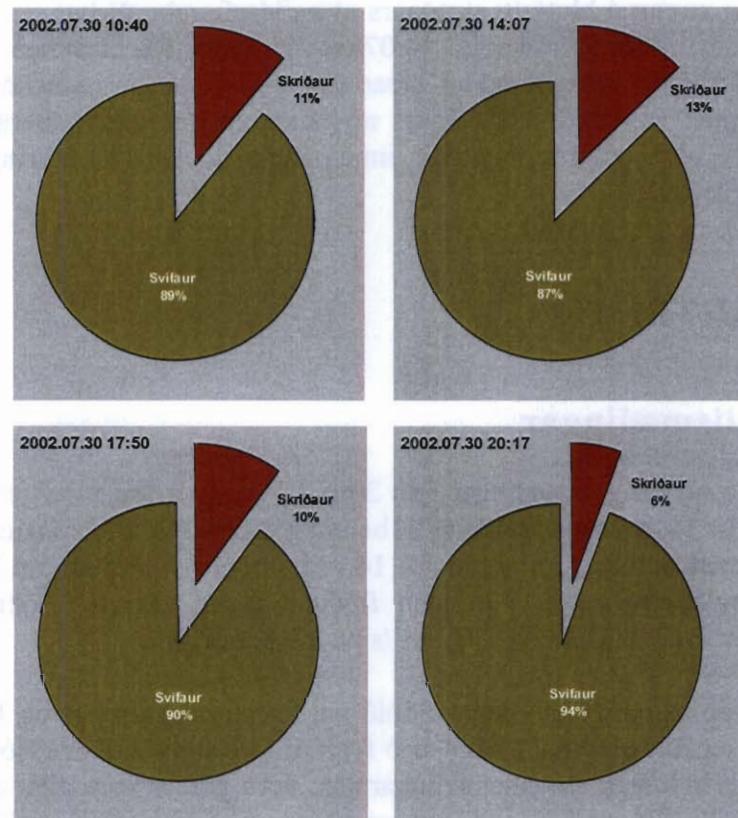
Á mynd 17 sést jafnvel betur en á mynd 16 hvernig sýnin af 40 til 70 m eru flest grófari en sýnin af 20, 30 og 80 m og hafa meðalstærð allt að -3ϕ (8 mm). Sýnin úr miðjum farveginum eru einnig flest verr aðgreind ($>1,5 \phi$) en sýnin sem tekin voru úti við bakka árinna í kringum $0,5 \phi$), en hins vegar var ekki jafn mikill munur á skakka sýnanna eftir því hvar í ánni þau voru tekin.

4.4 Samanburður skriðaurs- og svifaursssýna

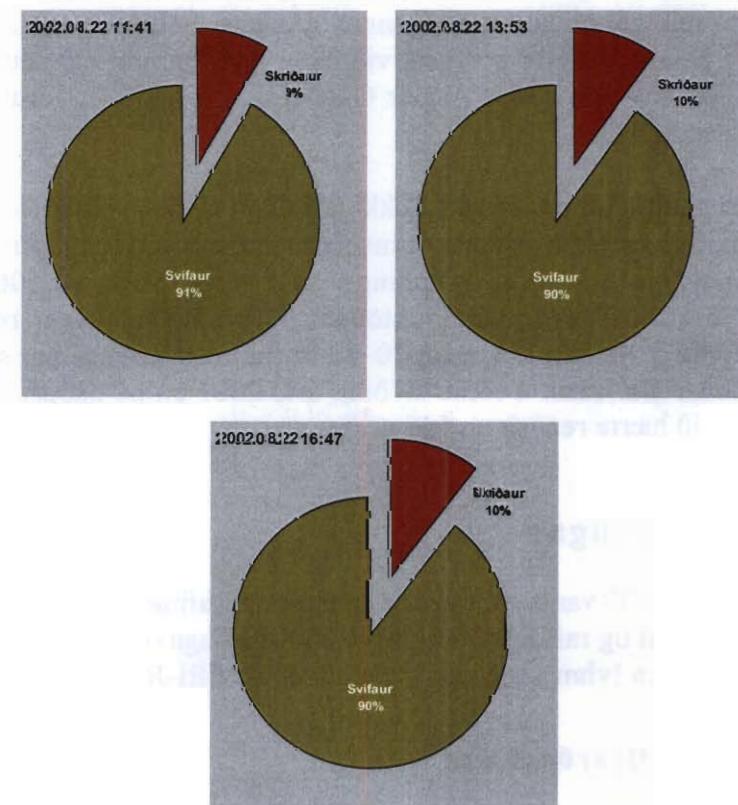
Í júní og júlí voru fjögur svifaursssýni tekin samtímis skriðaursmælingunum en í ágúst voru þrjú svifaursssýni tekin. Hægt er að bera saman heildarframburð svifaurs reiknaðan út frá þessum sýnum við heildarframburð skriðaurs sem reiknaður var fyrir rennslisbil sambærileg í tíma. Í júní voru þrjú af fjórum svifaursssýnum tekin innan fyrsta rennslisbilsins með meðalrennslí $184 \text{ m}^3/\text{s}$, en fjórða svifaursssýnið var tekið næst öðru rennslisbili með meðalrennslí $234 \text{ m}^3/\text{s}$ (tafla 6). Tvö svifaursssýnanna sem tekin voru í júlí félru inn á fyrsta rennslisbil (meðalrennslí $292 \text{ m}^3/\text{s}$) en seinni sýnin inn á síðasta rennslisbilið með meðalrennslí $423 \text{ m}^3/\text{s}$. Öll svifaursssýnin í ágúst voru hins vegar tekin á fyrra rennslisbilið með meðalrennslí $236 \text{ m}^3/\text{s}$. Á myndum 18 til 20 er þessi samanburður sýndur. Hafa þarf í huga að mikil óvissa er í mati á skriðaursframburði og er líklegt að mælingarnar vanmeti frekar skriðaursframburð en ofmeti, enda er söfnunaropið á skriðaurssýnatakanum aðeins um 7,6 cm en vitað er að mun stærra efni berst niður eftir farveginum. Á mynd 18 sést þessi samanburður fyrir sýnin sem tekin voru í júní og sést að skriðaursframburður var samkvæmt þessum útreikningum 7 til 9% af heildarflutningi aurs á þessum tíma.



Mynd 18: Samanburður svifaurs- og skriðaursframburðar í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga þann 27. júní 2002.



Mynd 19: Samanburður svifaurs- og skriðaursframburðar í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga dagana 29. og 30. júlí 2002.



Mynd 20: Samanburður svifaurs- og skriðaursframburðar í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga þann 22. ágúst 2002.

Í júlí var nokkur munur á hlutfalli skriðaurs af heildarframburði þar sem það náði hæst 13% samkvæmt sýni sem tekið var kl. 14:07 en var aðeins 6% ef miðað er við sýni sem tekið var rúmum sex klukkustundum síðar (kl. 20:27) þegar rennslið var hækkandi (mynd 19). Í ágúst var hlutfall skriðaurs af heildaraurflutningi jafnara, um og undir 10%, en þá voru öll svifaурssýnin tekin innan sama rennslisbils í kringum lágrennsli dagsveiflunnar (mynd 20).

5 SAMANTEKT

5.1 Rennslismælingar

Svifaурssýnataka og rennslismælingar árið 2002 í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga gengu vel og voru alls 14 rennslismælingar í beinum tengslum við svifaурssýnatöku. Til viðbótar var rennslismælt í níu skipti frá 14.–15. október í flóðum en þá voru einnig tekin tvö aukasvifaурssýnapör. Í þessum flóðum komst rennsli í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga hæst árið 2002, þ.e. í $1030 \text{ m}^3/\text{s}$ þann 13. október.

Einungis náðist að mæla rennsli þegar flóðið var í rénum dagana 14. og 15. október svo að ekki náðist í rennslismælingar þetta árið fyrir ofan $900 \text{ m}^3/\text{s}$, þ.e. á fjórða rennslisbili sem líst er í kafla 2.1. Þær rennslismælingar sem voru gerðar voru allar á rennslisbilmum 2 og 3, þ.e. á milli 200 og $550 \text{ m}^3/\text{s}$ annars vegar og 550 og $900 \text{ m}^3/\text{s}$ hins vegar. Á fyrra rennslisbili sveifluðust mælingar á milli rennslislykla 6 og 7, en á rennslisbili 3 félru allar rennslismælingar ársins 2002 á lykil 7 (mynd 4). Þegar mælingar ársins 2002 voru skoðaðar betur kom í ljós að forsendur væru fyrir því að búa til nýjan rennslislykil, lykil nr. 8, sem féll að öllum mælingunum (Áslaug Sóley Bjarnadóttir og Snorri Árnason 2003). Í þessari skyrslu er stuðst við þann lykil og um leið detta lyklar 6 og 7 úr umferð (Páll Jónsson o.fl. 1999; Ásgeir Gunnarsson o.fl. 2001; Jórunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson 2002).

Lögun farvegsins undir kláfnum breyttist ekki mikið þó að hann hafi heldur dýpkað með hækkandi rennsli. Þó sést að við sama rennsli getur dýpið verið mjög misjafnt eins og þegar bornar eru saman tvær rennslismælingar sem gerðar voru við $506 \text{ m}^3/\text{s}$ þar sem munaði allt að 75 cm á dýpi á sumum stöðum í farveginum. Þegar rennsli hækkaði mældist mesta dýpið á 40–50 m og á ca. 70–80 m fjarlægð frá húsi þar sem álar virtust myndast. Samskonar álar sáust á sömu stöðum árið 2001 en þá náðust hins vegar ekki rennslismælingar við hærra rennsli en $506 \text{ m}^3/\text{s}$.

5.2 Svifaурsmælingar

Eins og árin 2000 og 2001 var tvenns konar sýnapörum safnað við Jökulsá á Dal, annars vegar sýnapörum af brú og rafdrifnum kláfi við Hjarðarhaga og hinsvegar sýnapörum af brúnum við Hjarðarhaga (vhm 110) og við bæinn Brú á Efri-Jökuldal (vhm 164).

5.2.1 Sýnapör frá Hjarðarhaga

Sýnapörin af rafdrifna kláfnum og brúnni við Hjarðarhaga voru alls 30 og var fyrsta sýnið tekið þann 25. júní og það síðasta um miðjan október. Jökulleysing var töluberð

fram í október eins og sést á tiltölulega reglulegri dægursveiflu, þó að um miðjan október hafi hún ekki sést vegna flóða.

Niðurstöður kornastærðarmælinga sýndu töluverðan mun á milli svifaursssýna af brú og kláfi við Hjarðarhaga. Eins og fyrri ár var heildarstyrkur svifaurs og styrkur sands ($>0,2$ mm) og grófmós (0,2–0,06 mm) hærri í langflestum kláfsýnum en í brúarsýnum. Það sama var að segja um hina kornastærðarflokkanum en þar var munurinn milli sýnategunda mun minni og fleiri brúarsýni sem höfðu hærri styrk en kláfsýnin. Þessar niðurstöður benda til þess að P61 punktsýnatakinn sem notaður var af rafdrifna kláfnum nái frekar að safna í sig grófasta aurnum við botn en hefðbundni S49 sýnatakinn, sem notaður er á brúnni. Meginástæða þessa er líklega sú að á kláfnum nær sýnatakinn niður undir botn en í miklu vatni undir brúnni berst hefðbundni sýnatakinn með straumnum í stað þess að sökkva til botns þar sem aurinn er grófastur. Í einu sýni er þó líklegt að P61 sýnatakinn hafi tekið í sig sand sem tilheyrir í raun skriðaur þar sem sandhlutfall sýnisins er óeðlilega hátt og stærsta korn þess um 2,8 mm. Minni styrkdreifing í P61 vs. S49 sýnum í fingerðari kornastærðarflokum en þeim grófari bendir til að fingerðara efni sé jafndreifðara um vatnsbolinn en það grófara.

Fylgni styrks (í mg/l) heildarsvifaurs og þriggja gráfustu kornastærðarflokanna við rennsli var svipuð ($r=0,61–0,67$), en fylgni mélu og leir mun lægri, þ.e. 0,39 og 0,44. Er þetta mun minni fylgni en sást bæði árin 2000 og 2001 (Ásgeir Gunnarsson o.fl. 2001; Jórunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson 2002). Sérstakar rennslisaðstæður árið 2002, t.d. flóðin í október, geta að einhverju leyti útskýrt þennan mun, en það þarf að skoða betur tengsl veðurs, rennslis, og aurburðar áður en hægt er að segja frekar til um þennan mismun.

5.2.2 Sýnapör frá Brú og Hjarðarhaga

Árið 2002 voru sjö sýnapör tekin af brúnum við Hjarðarhaga og Brú í tengslum við efnavöktunarverkefni sem Landsvirkjun, Raunvísindastofnun Háskóla Íslands, Vatnsmælingar og Auðlindadeild Orkustofnunar og Hollstuvernd hafa staðið að síðustu ár (Sigurður R. Gíslason o.fl. 2000, 2001, 2002, 2003). Öll sýnapörin voru notuð við samanburð á svifaursframburði á milli þessara staða þó að aðeins um tveir tímar hafi liðið á milli sýnatöku á Brú og Hjarðarhaga en rennslistoppur er venjulega um 3–5 klukkustundir á leiðinni á milli staðanna.

Fylgni milli heildarsvifaurs þessara sjö sýnapara var mjög góð, eða $r=0,99$. Heildaraursstyrkur var hærri við Hjarðarhaga í fimm sýnum af sjö en rennsli var alltaf hærra við Hjarðarhaga. Hærra rennsli skýrist með nokkrum smærri vatnsföllum sem bætast við Jökulsá á Dal á milli Brúar og Hjarðarhaga, auk þess sem Brúarsýnin voru yfirleitt tekin nær lágmarki dægursveiflu en Hjarðarhagasýnin. Sýnin frá árinu 2002 bætast í safn svifaursssýnagagna frá Brú og Hjarðarhaga frá fyrri árum (t.d. Svanur Pálsson o.fl. 2000).

5.3 Skriðaursmælingar við Hjarðarhaga

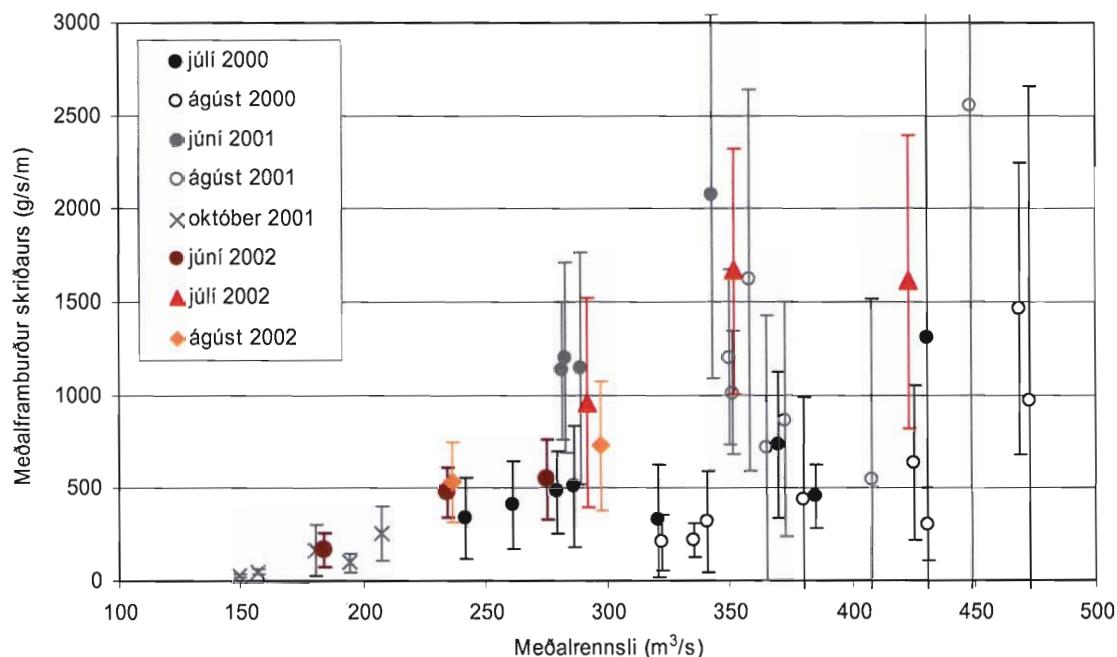
Þrjár samanburðarferðir þar sem var rennslismælt og svifaursssýni tekin við Hjarðarhaga voru framlengdar með aukadegi sem notaður var í söfnun skriðaurssýna. Þessa aukadaga voru einnig tekin svifaursssýni til samanburðar við skriðaurssýnin. Sjötíu eða

fleiri skriðaurssýni voru tekin í hverri ferð á 10 stöðum, þ.e. 20, 30, 40, 50, 60, 70 og 80 m fjarlægð frá húsi á vinstri bakka árinnar. Í hverri ferð voru 10 skriðaurssýni kornastærðargreind á aurburðarstofu VM.

Breytileiki skriðaursframburðar á hverri stöð fyrir sig var skoðaður og reyndist hann vera mjög mikill innan hverrar stöðvar (allt að hundraðfaldur) sem og á milli stöðva. Minnst barst fram á 20, 30 og 80 m sem er skiljanlegt því næst bökkunum er án grynnst og straumur minnurst. Einna mest barst fram á 40 og 50 m (allt upp í tæp 4000 g/s/m) en framburður á 60 og 70 m var lítið minni þó að breytileiki framburðar á 70 m hafi verið heldur meiri en annars staðar.

Þar sem rennsli breyttist töluvert innan hverrar sýnatökulotu var gögnum um skriðaursflutning skipt upp í þrjú rennslisbil í júní og júlí og í tvö rennslisbil í ágúst. Fyrir hvert rennslisbil var reiknaður heildarflutningur skriðaurs fyrir allt þversniðið og var hann nokkuð misjafn eða frá 7 til 76 kg/s. Góð fylgni var á milli skriðaursflutnings og rennslis og jókst flutningur með hækkandi rennslisli.

Heildarflutningur skriðaurs er í þessari skýrslu reiknaður fyrir allt þversniðið en til að bera þessi gögn saman við útreikninga á skriðaur sem gerðir voru fyrir árið 2000 og 2001 var einnig reiknaður meðalframburður skriðaurs í g/s/m fyrir stöðvarnar 40 til 70 m (20, 30 og 80 m sleppt). Þessi gögn eru borin saman á milli áranna þriggja á mynd 21 þar sem sést að 2002 gögnin falla innan þeirra gilda sem fengust árin 2000 og 2001. Þó eru gildin fyrir júlí 2002 í hærra lagi miðað við meðalflutning skriðaurs reiknaðan fyrir sambærileg rennslisbil fyrri ára.



Mynd 21: Samanburður heildarframburðar skriðaurs fyrir mismunandi rennslisbil (stöðvar 40 til 80 m) áranna 2000, 2001 og 2002. 95% öryggismörk eru sýnd.

Tíu skriðaurssýni voru valin til kornastærðargreininga í hverri ferð, eitt til þrjú af hverri stöð. Mikill munur var á kornastærð sýna frá sömu stöð bæði í sömu ferð sem og á milli ferða og voru fingerðstu sýnin með meðalstærð í kringum $1,5 \phi$ (0,35 mm) en þau

grófustu í kringum -3 φ (8 mm). Greinilegur munur var á milli sýna næst bökkunum (20, 30 og 80 m) og sýna sem tekin voru nær miðjum farveginum og eru bakkasýnin flest fingerðari en sýnin frá 40 til 70 m. Bakkasýnin eru einnig flest betur aðgreind en sýnin úr miðjum farveginum, þ.e. hafa einsleitari kornastærð, enda vantar í þau grófara efni sem teygir á kornastærðardreifingunni. Mikil dreifing var á skakka milli sýnanna 30, en ekki var áberandi munur milli sýna frá mismunandi stöðum í farveginum.

Fjögur svifaursýni voru tekin samtímis skriðaurssýnatökunni í júní og júlí og þrjú sýni í ágúst. Þessi svifaursýni voru einnig kornastærðargreind og framburður svifaurs reiknaður út frá niðurstöðum um heildarstyrk svifaurs. Þannig var hægt að bera saman framburð svifaurs við heildarskriðaursframburð sem hafði verið reiknaður fyrir viðeigandi rennslisbil. Í ljós kom að skriðaursframburður var allt frá 6 til 13% af heildaraurburði við Hjarðarhaga, en yfirleitt var hann um og undir 10%.

6 HEIMILDIR

Ásgeir Gunnarsson, Jórunn Harðardóttir, Páll Jónsson, Árni Snorrason og Svanur Pálsson 2000. *Mælingar á rennsli og svifaur í Jökulsá á Dal árið 2000*. Orkustofnun, OS-2001/078, 24 s.

Áslaug Sóley Bjarnadóttir og Snorri Árnason 2003. Jökulsá á Dal, Hjarðarhagi, vhm 110. Rennslislykill nr. 8. OS-2003/048, 28 s.

Boggs, S. Jr. 1995. *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*, 2nd edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Jórunn Harðardóttir og Ásgeir Gunnarsson 2002. Mælingar á rennsli og svifaur í Jökulsá á Dal árið 2001. Orkustofnun OS-2002/034, 23 s.

Páll Jónsson, Árni Snorrason og Svanur Pálsson 1999. *Breytingar á rennslislyklum í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga*. Orkustofnun, OS-99106, 19 s.

Sigurður R. Gíslason, Árni Snorrason, Eydís S. Eiríksdóttir, Sverrir Ó. Elefsen, Ásgeir Gunnarsson, Peter Torssander og Niels Ö. Óskarsson 2000. *Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Austurlandi I. Gagnagrunnur Raunví sindastofnunar og Orkustofnunar*. Raunví sindastofnun Háskólangs, RH-12-2000.

Sigurður R. Gíslason, Árni Snorrason, Eydís S. Eiríksdóttir, Sverrir Ó. Elefsen, Ásgeir Gunnarsson, Einar Örn Hreinsson, Peter Torssander og Niels Ö. Óskarsson 2001. *Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Austurlandi II. Gagnagrunnur Raunví sindastofnunar og Orkustofnunar*. Raunví sindastofnun Háskólangs, RH-05-2001.

Sigurður R. Gíslason, Árni Snorrason, Eydís S. Eiríksdóttir, Bergur Sigfússon, Sverrir Ó. Elefsen, Jórunn Harðardóttir, Ásgeir Gunnarsson, Einar Örn Hreinsson, Peter Torssander, Marin I. Kardjilov og Niels Ö. Óskarsson 2002. *Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Austurlandi III. Gagnagrunnur Raunví sindastofnunar og Orkustofnunar*. Raunví sindastofnun Háskólangs, RH-11-2002.

Siguður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Eyðís Salóme Eiríksdóttir, Bergur Sigfússon, Sverrir Óskar Elefsen, Jórunn Harðardóttir, Ásgeir Gunnarsson, Einar Örn Hreinsson, Peter Torssander, Marin I. Kardjilov, Níels Örn Óskarsson 2003. *Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Austurlandi IV. Gagnagrunnur Raunví sindastofnunar og Orkustofnunar*. Reykjavík, Raunví sindastofnun Háskólans RH-04-2003, 97 s.

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

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

Svanur Pálsson, Jórunn Harðardóttir, Guðmundur H. Vigfússon og Árni Snorrason 2000. *Reassessment of suspended sediment load of river Jökulsá á Dal at Hjarðarhagi*. Orkustofnun, OS-2000/070, 30 s.

VST og Orkustofnun 2003. Botnskriðsmælingar við Jökulsá á Dal, Hjarðarhaga árin 2000 og 2001. VST-2000-0304/09 OS-2001/023, 57 s.

World Meteorological Organization 1994. *Guide to Hydrological Practices*, 5. útgáfa. World Meteorological Organization, Genf, Sviss.