

Kvörðun ljósgleypnimælis við Sóleyjarhöfða í
Þjórsá

Jórunn Harðardóttir,
Sverrir Óskar Elefsen

Greinargerð JHa-SE-2003-03

KVÖRÐUN LJÓSGLEYPNIMÆLIS VIÐ SÓLEYJARHÖFÐA Í ÞJÓRSÁ

1 INNGANGUR

Vorið 2003 var gerður samningur milli Landsvirkjunar (LV) og Vatnamælinga Orkustofnunar (VM) um að settir yrðu upp vatnshæðar- og ljósgleypniskynjarar í Þjórsá við Sóleyjarhöfða (vhm 804) um leið og fært yrði á svæðið. Samkvæmt samningnum áttu vatnamælingamenn LV að sjá um uppsetningu og rekstur skynjaranna. Bæði vatnshæðarskynjarinn (af gerðinni Druck PDCR 1830) og ljósgleypniskynjarinn (Partech IR15C skynjari) voru tengdir skráningartæki frá Campbell sem var tengt innhringisambandi VM. Ljósgleypnimælirinn var fyrst prófaður hjá VM áður en starfsmenn LV settu hann upp en samkvæmt samningnum áttu starfsmenn VM að vinna úr gögnum mælisins og kvarða þau með niðurstöðum úr kornastærðarmælingum svifaurssýna. Yfir sumartímamann áttu starfsmenn LV að taka 12 svifaurssýni með handsýnataka (svokölluð S3-sýni) við sjálfan mælinn en til viðbótar við þau átti að fara í tvær heildaraurburðarferðir á svæðið og nota svifaurssýnin sem tekin voru í þeim ferðum (S1 sýni) til frekari kvörðunar ljósgleypnimælisins.

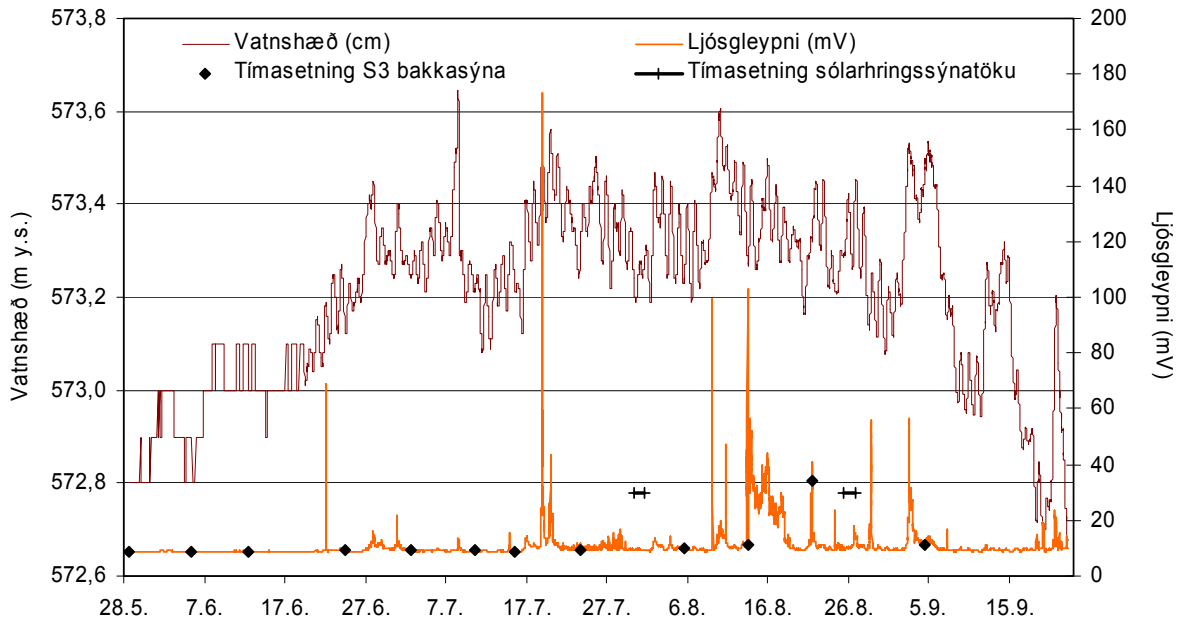
Ef kvörðun ljósgleypnimælisins tækist vel átti að nota ljósgleypnigögnin til að skoða dagsveiflu svifaurs í Þjórsá við Sóleyjarhöfða. Slíkar upplýsingar myndu nýtast vel sem inntaksgögn fyrir aurburðarlíkan í ánni.

2 GÖGN FYRIR KVÖRÐUN LJÓSGLEYPNIMÆLIS

2.1 Vatnshæðar- og ljósgleypnimælingar

Fyrstu gögn sem marktæk þóttu úr vatnshæðar- og ljósgleypniskynjurunum eru frá kl. 23:00 þann 28. maí 2003. Svo virðist sem ljósgleypnigögnin séu í lagi, en 10 cm óvissa er í vatnshæðarmælingunum þar sem hliðrun var ekki rétt stillt við uppsetningu. Þetta var lagað um 20 dögum síðar í mælingaferð þar sem farvegur Þjórsár var mældur nákvæmlega (Jóna Finndís Jónsdóttir og Sverrir Ó. Elefsen 2003) og sýni úr áreyrum Þjórsár tekin fyrir kornastærðargreiningar (Jórunn Harðardóttir 2003).

Á mynd 1 má sjá vatnshæðar- og ljósgleypnigögn úr vhm 804 við Sóleyjarhöfða frá 28. maí til 22. september 2003 en þá var síðast farið í mælinn á þessu ári og hann tekinn niður. Á myndinni eru sýnd 10 mínútna meðaltalsgildi nema fyrir fyrstu þrjár vikurnar sem sýna meðaltalsgildi klukkustundar. Á myndinni sést vel hvað ljósgleypnin breytist lítið yfir mælitímamann fyrir utan mjög áberandi toppa þar sem ljósgleypnin eykst skyndilega um og yfir tífalt. Flestir topparnir samanstanda af mjög fáum klukku tímagildum og eru að öllum líkindum til komnir vegna óhreininda á mælinum, t.d. gróðurleifa sem sest hafa á mælinn en skolast fljótlega í burtu aftur.



Mynd 1: Vatnshæðar- og ljósgeypnigögn úr vhm 804 við Sóleyjarhöfða frá 28. maí til 22. september 2003. Einnig er sýnd tímasetning svifaurskýnatöku sumarið 2003.

2.2 Svifaursmælingar

Alls voru 17 svokölluð S3 svifaurskýni tekin með DH-48 handsýnataka við vinstri/austari bakka Þjórsár þar sem vatnshæðar- og ljósgeypniskynjararnir eru staðsettir. Fjórtán þeirra voru kornastærðargreind og notuð til kvörðunar ljósgeypnimælisins en þrjú þeirra voru tekin áður en mælirinn virkaði eins og skyldi. Sumarið 2003 var einnig farið tvisvar á svæðið og svifaurs- og skriðaurssýnum safnað samkvæmt samningi við LV, annars vegar í lok júlí og hins vegar í lok ágúst. Í hvorri ferð var 18 svifaurskýnum safnað með S49 sýnataka af báti og var hvert sýni tekið á 6 stöðum yfir ána (svokölluð S1 sýni). Tímasetningar bakkasýna og sýnatökuferðanna tveggja eru sýndar á mynd 1.

Öll svifaurskýnin voru kornastærðargreind á aurburðarstofu VM með hefðbundnum aðferðum (Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 2000). Í töflu 1 eru sýndar niðurstöður mælinga á heildarstyrk svifaurskýnanna og styrk efnis minna en 0,06 mm, en ítarlegri niðurstöður verða birtar í skýrslu um aurburðarmælingar við Sóleyjarhöfða árið 2003 (Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorláksdóttir 2003). Í töflunni eru einnig sýnd ljósgeypnigildi og vatnshæð samtímis sýnatökunni.

Tafla 1: Styrkur heildarsvifaurs, svifaurs <0,06 mm og ljósgeypni í svifaurskýnum sem tekin voru með DH-48 sýnataka við vinstri/austari bakka (S3 sýni) og með S49 sýnataka á 6 stöðum á þversniði (S1 sýni) við Sóleyjarhöfða, Þjórsá, sumarið 2003.

Dagssetning	Kl.	Vatnshæð (m y.s.)	Rennsli vhm 100 (m ³ /s)	Ljósgeypni (mV)	Aurstyrkur (mg/l)	TDS (mg/l)	Styrkur svifaurs < 0,06 mm (mg/l)	Sýnagerð
2003-05-28	14:10	572,80	79,70	8,8	89	64	66	S3
2003-06-05	11:45	572,86	76,61	8,94	431	63	315	S3
2003-06-12	12:55	573,16	115,4	8,94	336	67	212	S3
2003-06-24	10:50	573,15	147,0	9,13	147	53	116	S3

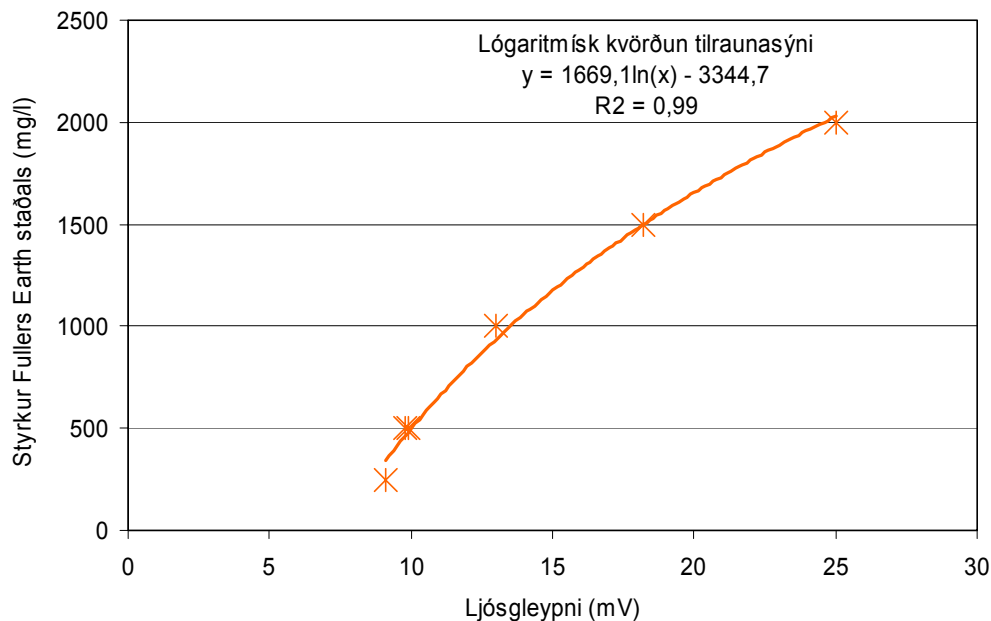
Dagssetning	Kl.	Vatnshæð (m y.s.)	Rennsli vhm 100 (m ³ /s)	Ljósgeypni (mV)	Aurstyrkur (mg/l)	TDS (mg/l)	Styrkur svifauers < 0,06 mm (mg/l)	Sýnagerð
2003-07-02	15:25	573,24	173,5	9,33	138	64	116	S3
2003-07-10	13:03	573,21	184,6	9,60	991	53	614	S3
2003-07-15	13:00	573,22	197,7	9,26	123	50	114	S3
2003-07-23	15:18	573,26	197,1	9,27	99	51	96	S3
2003-08-05	14:00	573,23	202,3	9,60	150	52	138	S3
2003-08-13	14:05	573,27	229,4	10,6	194	54	182	S3
2003-08-21	11:00	573,34	260,0	26,48	851	51	791	S3
2003-09-04	10:30	573,46	306,8	11,42	246	48	231	S3
2003-09-09	14:30	572,95	171,0	9,05	135	56	132	S3
2003-09-22	11:00	572,70	68,21	9,61	669	67	361	S3
2003-07-30	10:20	573,21	201,6	9,21	516	30	341	S1
2003-07-30	11:30	573,20	197,1	9,32	514	32	344	S1
2003-07-30	12:30	573,20	193,8	9,24	491	41	339	S1
2003-07-30	13:30	573,19	191,0	9,43	460	29	304	S1
2003-07-30	14:30	573,19	189,0	9,415	506	27	354	S1
2003-07-30	15:30	573,19	188,4	9,49	553	30	382	S1
2003-07-30	16:30	573,19	189,0	9,65	562	42	410	S1
2003-07-30	17:30	573,19	188,7	9,6	534	45	390	S1
2003-07-30	18:30	573,20	190,3	9,43	625	44	431	S1
2003-07-30	19:30	573,21	192,5	9,52	2203	34	419	S1
2003-07-30	20:30	573,22	195,4	9,68	660	33	442	S1
2003-07-30	21:30	573,24	198,7	9,57	702	31	449	S1
2003-07-30	22:30	573,25	201,9	9,66	692	32	477	S1
2003-07-30	23:30	573,25	205,2	9,6	657	34	453	S1
2003-07-31	00:30	573,26	207,2	9,68	705	32	465	S1
2003-07-31	09:20	573,25	209,6	9,1	1130	33	396	S1
2003-07-31	12:10	573,25	205,6	9,16	697	33	390	S1
2003-07-31	14:45	573,26	214,0	9,24	1650	34	462	S1
2003-08-25	11:30	573,29	238,9	9,51	627	32	408	S1
2003-08-25	16:35	573,31	242,2	9,885	767	32	537	S1
2003-08-25	21:45	573,39	269,8	10,22	1461	35	950	S1
2003-08-26	07:50	573,31	257,4	10,43	803	38	538	S1
2003-08-26	08:50	573,30	252,6	10,59	786	15	519	S1
2003-08-26	09:45	573,29	248,6	10,59	806	19	548	S1
2003-08-26	10:45	573,28	245,0	10,63	786	22	550	S1
2003-08-26	11:45	573,26	241,0	10,74	744	33	513	S1
2003-08-26	13:05	573,26	236,4	10,95	694	34	479	S1
2003-08-26	13:45	573,26	235,3	10,99	725	35	500	S1
2003-08-26	14:45	573,27	235,7	11,425	829	24	589	S1
2003-08-26	15:45	573,29	239,6	11,77	905	24	670	S1
2003-08-26	16:45	573,33	246,8	11,73	1084	29	791	S1
2003-08-26	17:45	573,36	255,2	12,405	1306	31	914	S1
2003-08-26	18:45	573,39	274,8	12,17	1558	24	1122	S1
2003-08-26	19:45	573,41	274,4	14,25	1582	26	1187	S1
2003-08-26	20:45	573,43	283,6	14,29	1556	25	1058	S1
2003-08-26	21:45	573,44	291,1	13,95	1502	29	1051	S1

Í töflu 1 er einnig sýnt rennsli við vhm 100 við Norðlingaöldu með þriggja klukkustunda hliðrun, miðað við að það taki vatnið um þrjár klukkustundir að renna frá Sóleyjarhöfða að vhm 100. Hafa ber í huga að VM áskila sér rétt til þess að endurskoða gögn úr vhm 100 hvenær sem er.

3 KVÖRÐUN LJÓSGLEYPNIMÆLIS

Í öðrum ám þar sem svipaðir ljósgleypnimælur hafa verið prófaðir, t.d. í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga (Ari P. Arnalds 2002), Ása-Eldvatni (Old 2000) og Jökulsá á Fjöllum (óbirt gögn) sést mun meiri sveifla í ljósgleypnigögnunum en í gögnum frá Sóleyjarhöfða. Því var talið nauðsynlegt að skoða skynjarann frekar eftir að hann var tekinn niður síðastliðið haust þó að það hafi verið vitað að hann virkaði vel á rannsóknarstofu áður en hann var settur upp í júní.

Á rannsóknarstofu VM var gerð tilraun þar sem búnar voru til staðlaðar lausnir af ýmsum styrkleika úr *Fullers Earth* staðli sem fylgdi með ljósgleypnimælinum til kvörðunar. Ljósgleypniskynjarinn var settur ofan í 2,5 l bikarglas sem innihélt lausn af ákveðnum styrkleika og látinn jafna sig í um 2 mínútur áður en ljósgleypnigildi hans var lesið með aðstoð tölvu. Tilraunin var endurtekin í sex skipti, þar af tvisvar með sama styrkleika lausnar, en einnig var athugað gildi skynjarans í lofti, tæru vatni og með stálplötu milli linsanna í skynjaranum. Í ljós kom að mjög góð fylgni var á milli ljósgleypni og styrks lausnarinnar (mynd 2) svo að óhætt var að reikna með að skynjarinn væri í lagi.

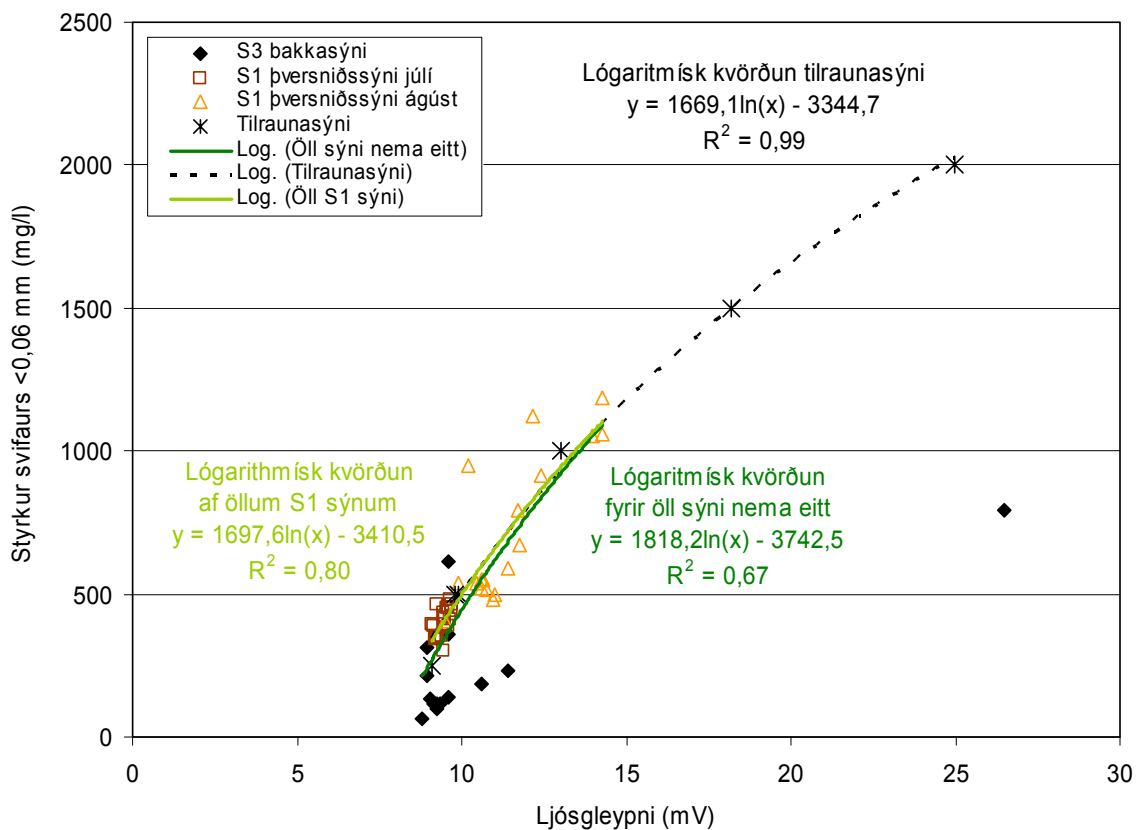


Mynd 2: Vensl ljósgleypni við styrk Fullers Earth staðals samkvæmt tilraunum á rannsóknarstofu VM.

Svifaursýnunum var skipt upp í þrjá flokka eftir því hvort að um S3 bakkasýni eða S1 þversniðssýni var um að ræða og þá í hvorri heildaraurburðarferðinni S1 sýnin voru tekin. Fyrir hvert sýni var hlutfall kornastærðar minni en 0,06 mm reiknað og sá hluti svifaursstyrksins notaður áfram til kvörðunar ljósgleypnimælisins. Þannig var grófasta hluta sýnisins sleppt í kvörðuninni þar sem grófari kornastærðirnar hafa tiltölulega lítil áhrif á ljósgleypnina en mikil áhrif á heildarsvifaursstyrk sýnisins. Kvarðanir ljósgleypni

við hinar ýmsu kornastærðir sýnanna voru þó einnig prófaðar en gáfu ekki sérlega góðar niðurstöður.

Á mynd 3 er styrkur svifaurs <0,06 mm allra sýna borinn saman við ljósgleypnigögn úr mælinum við Sóleyjarhöfða. Styrkur sýnanna var greinilega nokkuð misjafn milli flokka og voru S3 bakkasýnin í flestum tilfellum með lægstan styrk, sýnin í júliferðinni með meðalháan styrk og sýnin úr heildaraurburðarferðinni í ágúst með hæstan styrk. Eitt bakkasýni sker sig úr með óvenjuhátt ljósgleypnigildi og því var það ekki tekið með þegar reynt var að kvarða ljósgleypnigögnin með svifaursstyrk (<0,06 mm) sýnanna. Nokkrar kvarðanir voru prófaðar en á mynd 3 er aðeins sýndar þrjár kvarðanir: 1) Logritmísk kvörðun allra sýna nema staka sýnisins með háa ljósgleypnigildið, 2) lógarítmísk kvörðun allra S1 sýna og 3) sams konar kvörðun tilraunasýna sem talað var um fyrr í skýrslunni (mynd 2).



Mynd 3: Svifaursstyrkur (<0,06 mm) allra sýna sem tekin voru sumarið 2003 við Sóleyjarhöfða í Þjórsá borinn saman við ljósgleypnigögn úr mæli frá sama stað. Einnig eru sýndar niðurstöður kvörðunar sem gerð var á skynjaranum á rannsóknarstofu.

Mun betri fylgni kemur fram þegar bakkasýnin eru ekki höfð með og hækkar R^2 úr 0,67 í 0,80 sem er sæmileg fylgni fyrir slíkt gagnasett. Svo virðist sem bakkasýnin gefi ekki rétta mynd af styrkleika svifaurs í Þjórsá og vanmeti hann nokkuð. Vanmat á svifaurs í bakkasýnum er jafnvel meira áberandi þegar gögn fyrir grófari kornastærðirnar eru einnig skoðuð (tafla 1) eins og sést í væntanlegri skýrslu Jórunnar Harðardóttur og Svövu B. Þorlákssdóttur um niðurstöður svifaurs- og skriðaursmælinga við Sóleyjarhöfða árið 2003.

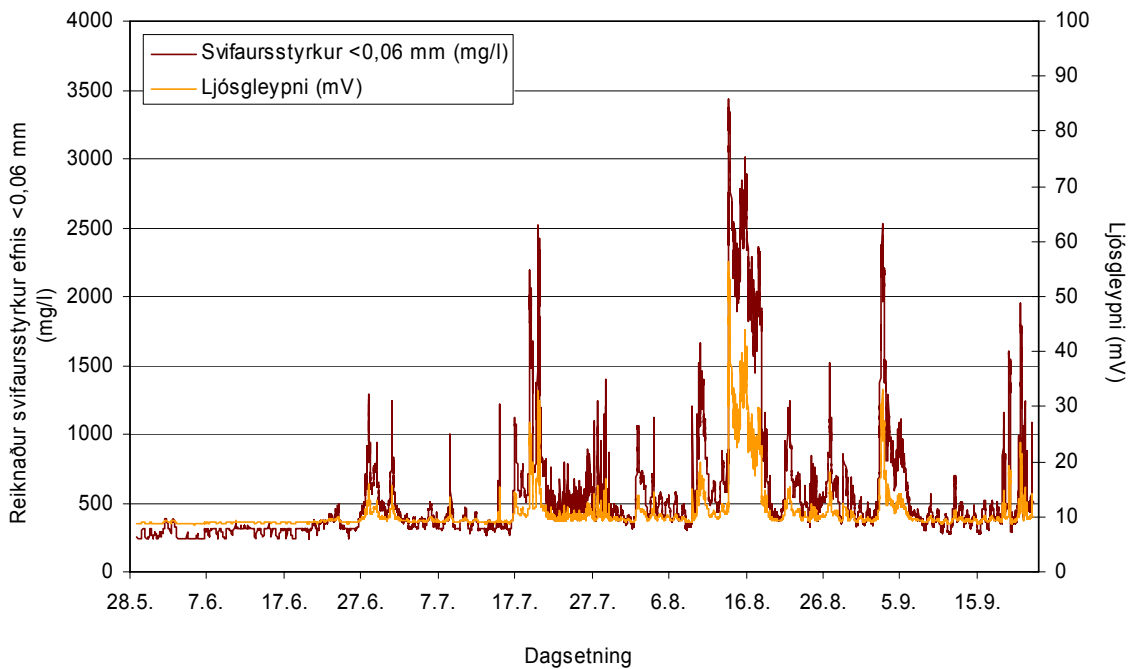
Ákveðið var að nota ofangreinda kvörðun allra S1 sýna til framhaldsreikninga og var sú ákvörðun studd með tilraunakvörðuninni á *Fullers Earth* staðlinum, enda lenda fylgnilínur fyrir þessi föll svo til ofan á hvorri annarri (ljósgræna og brotna svarta línan).

4 AFLEIDD SVIFAURSGÖGN FYRIR SUMARIÐ 2003

Áður en hægt var að nota kvörðunarjöfnuna á ljósgleypnigögnin og meta breytingar á aurstyrk yfir sumarið 2003 þurfti að fara í gegnum gögnin og taka út þau gildi sem greinilega sýndu útslátt í nemanum eða að óhreinindi og/eða gróður hafi sest á skynjarann. Þó að tiltölulega auðvelt hafi verið að taka út einstök útsláttargildi var ekki alltaf jafn augljóst hvort há gildi sýndu aukna gleypni vegna óhreininda eða vegna aukins svifaurs í ánni. Ef það var ekki augljóst voru ljósmælingagildin höfð áfram inni í gagnasafninu.

Vegna þess hversu vel kvörðunum tilraunasýna og S1 sýna bar saman var talið að nota mætti kvörðunina upp í 25 mV, eða um 2000 mg/l. S1 sýna kvörðunin var því notuð á allt gagnasafn ljósmælinga eftir að búið var að taka út úr því stærstu toppana, en eftir það voru aðeins 3,6% gildanna >25 mV.

Á mynd 4 má sjá bæði reiknaðan svifaursstyrk, sem fundinn var út með kvörðun S1 sýna við ljósgleypnigildi, og ljósgleypnigildin eftir að hæstu topparnir voru teknir út. Margir toppar eru enn í gögnunum en ef gögnin eru borin saman við mynd 1 má sjá að skörpustu topparnir eru horfnir. Enn er þó líklegt að margir af skarpari toppunum séu til komnir vegna óhreininda á linsum ljósgleypnimælisins, þá aðallega gróðurleifa sem mikið berst af niður ána frá friðlandinu við Þjórsárver. Að því leyti ofmetur þetta gagnasafn frekar styrk efnis <0,06 mm en öfugt.



Mynd 4: Reiknaður svifaursstyrkur efnis <0,06 mm sumarið 2003 við Sóleyjarhöfða við Þjórsá. Notuð var kvörðun fyrir öll S1 sýni. Einfaldað gagnasafn fyrir ljósgleypnigildi er einnig sýnt.

Þar sem aðeins er notaður hluti svifaursins til kvörðunar þarf að hafa í huga að hlutfall sands ($>0,2$ mm) og grófmós ($0,06-0,2$ mm) var í langflestum S1 sýnunum sem tekin voru á þversniðinu samtals í kringum 30% af heildarsvifaursstyrk, sem bætist við reiknaðan svifaursstyrk sem sýndur er á mynd 4. Fram í miðjan júlí er styrkur grófari kornastærðanna í S3 bakkasýnum 16–38% en eftir það snarminnkar grófi hluti efnisins niður í $>8%$ þar til í síðasta sýninu sem tekið var seinni part september þar sem styrkurinn er 46%.

5 SAMANTEKT

Í þessari greinargerð eru kynnt gögn úr Partech IR15C ljósgleypniskynjara sem LV setti upp og sá um rekstur á við Sóleyjarhöfða í Þjórsá. Sumarið 2003 voru alls tekin 52 svifaursýni við Sóleyjarhöfða og voru þau bæði notuð til að kvarða mælinn og til að öðlast betri vitneskju um breytileika svifaurs við Sóleyjarhöfða. Svifaursýnin skiptust í tvennt eftir sýnagerð: Sautján S3 sýni sem voru tekin með handsýnataka af vinstri/austari bakkar árinna og 36 S1 sýni sem tekin voru með stærri sýnataka á spili áföstu báti á 6 stöðum yfir ána. Heildarniðurstöður kornastærðargreininga á sýnunum eru settar fram annars staðar (Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorláksdóttir 2003) en í þessari greinargerð eru niðurstöður kornastærðargreininga sýnanna notaðar til að kvarða ljósgleypnigögnin og reikna út svifaursstyrk við Sóleyjarhöfða fyrir allt sumarið.

Margs konar kvarðanir voru reyndar áður en komist var að niðurstöðu um hvaða kvörðun ætti að nota til framhaldsreikninga á svifaursstyrk. Ofan á varð að nota styrk efnis $<0,06$ mm í öllum S1 sýnum en sleppa S3 sýnum þar sem þau virtust vanmeta svifaursstyrk í ánni enda eru þau tekin við bakka árinna þar sem líkur eru á að svifaurninn sé ekki jafn vel upphræður og úti í miðri á. Styrkur margra þeirra reyndist einnig vera á mörkum þess sviðs sem ljósgleypnimælirinn var nákvæmur á. Þessi ákvörðun var styrkt með niðurstöðum tilraunakvörðunar sem gerð var á ljósgleypnimælinum út frá lausnum sem innihéldu mismunandi styrk af *Fullers Earth* staðli, en þær niðurstöður féllu mjög vel saman við kvörðun S1 sýnanna. Þetta bendir til að ástæða virðist vera til að forðast að nota bakkasýni ef hægt er.

Kvörðuninni var beitt á ljósgleypnigögnin eftir að búið var að hreinsa úr þeim stærstu útslögum sem talið var augljóst að væru til komin vegna óhreininda á mælinum. Talið er að kvörðunin sé nokkuð sannfærandi upp í 25 mV en óvíst er hversu vel hún virkar fyrir hærri gleypni þar sem svo sterkar lausnir voru ekki prófaðar. Þar sem yfir 96% ljósgleypnigagnanna liggur innan við 25 mV var kvörðunin notuð á allt gagnasettið, en með þeim fyrirvara að meiri skekkja ríkir í kringum hámarksgildin.

Framleiðandi ljósgleypniskynjarans sem notaður var við Sóleyjarhöfða gefur upp að skynjarann megi nota við mælingu á svifaursstyrk frá 0 til 10000 mg/l. Sýnin frá Sóleyjarhöfða hafa öll svifaursstyrk neðarlega á því styrksviði sem skynjarinn er gefinn upp fyrir og er því mjög lítil munur á gleypnigildum þeirra sýna sem hafa lægstan svifaursstyrk. Þetta er væntanlega hluti ástæðunnar fyrir því að bakkasýnin, sem mörg hafa tiltölulega lágan styrk, gefa ekki jafn góðar niðurstöður og S1 sýnin sem tekin voru á þversniðinu. Ljósgleypnimælir með lægra og þrengra mælingasvið hefði því að öllum líkindum hentað betur, en því miður voru takmarkaðar upplýsingar til um styrk svifaurs á þessum stað (Haukur Tómasson o.fl. 1996) til að byggja á val á skynjara þegar hann var

keyptur. Hins vegar er komin reynsla fyrir því að samskonar skynjari hentar vel í öðrum jökulám s.s. Jökulsá á Dal, Skaftá, og í Jökulsá á Fjöllum (Ari P. Arnalds 2002; Old 2003, óbirt gögn).

6 HEIMILDIR

Ari Pálmar Arnalds 2002. Kvörðun ljósgleypnimælis. Óbirt greinargerð, Orkustofnun, 24. júní 2002.

Haukur Tómasson, Svanur Pálsson, Guðmundur H. Vigfússon og Þórólfur H. Hafstað 1996. Framburður Þjósárs við Þjósársver – Botnskrið og svifaur. Orkustofnun, OS-96010/VOD-03 B.

Jóna Finndís Jónsdóttir og Sverrir Ó. Elefsen 2003. Farvegsmælingar Þjósárs, sumarið 2003. Orkustofnun, Greinargerð, JFJ/SE-2003-01, 5 s.

Jórunn Harðardóttir 2003. Niðurstöður kornastærðarmælinga á áreyrasýnum við Sóleyjarhöfða, Þjósá. Orkustofnun OS-2003/055, 32 s.

Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorlákssdóttir 2003. Niðurstöður aurburðarrannsóknna við Sóleyjarhöfða, Þjósá, árið 2003. Orkustofnun OS-2003/058.

Old, Gareth 2000. The impact of subglacial geothermal and volcanic activity on meltwater quality in the Skaftá river, southern Iceland. Ph. D. dissertation, University of Birmingham. 289 s.

Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 2000. Leiðbeiningar um mælingar á svifaur og úrvinnslu gagna. Orkustofnun, Greinargerð, SvP-GHV-2000/02, 12 s.

LYKILORD

Svifaur, kornastærðarmælingar, ljósgleypnimælingar, kvörðun, Þjósá, Sóleyjarhöfði, Norðlingaalda, vatnshæðarmælir 804, staðarnúmer V804, Árnassýsla, Rangárvallasýsla.