

Niðurstöður ljósdeyfingar- og
svifaursmælinga í Lagarfljóti við Lagarfell árið
2004



Skýrsla nr: LV-2006/132

Dags: 29. desember 2006

Fjöldi síðna: 20

Upplag: 30

Dreifing: Opin Lokuð til

Titill: Niðurstöður ljósdeyfingar- og svifaursmælinga í Lagarfljóti við Lagarfell árið 2004

Höfundar: Jórunn Harðardóttir, Sverrir Ó. Elefsen og Svava Björk Þorlákssdóttir

Verkefnisstjóri: Pétur Ingólfsson (LV), Jórunn Harðardóttir (Vatnamælingar OS)

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar: Vatnamælingar Orkustofnunar (OS-2006/016)

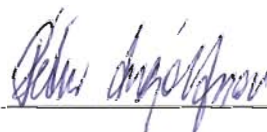
Útdráttur: Í þessari skýrslu er fjallað um mælingar á svifaur og ljósdeyfinu í Lagarfljóti við Lagarfell (vhm 007) árið 2004. Tekin voru 10 svifaurskýni af brúnni við Lagarfell sem voru kornastærðargreind á Vatnamælingum. Samtímis sýnatökunni var mæld rýni með svokallaðri "Secchi" rýnskífu. Ljósdeyfing var mæld með tveimur nemum með mismunandi mælisvið og upplausn. Til loka máí var notaður Partech IR15C nemi. Sakir þess hve svifaursstyrkur er lítil í Lagarfljóti hentaði þessi nemi ekki og var því ákveðið að skipta um nema og setja Partech IR40C, sem hefur meiri næmni. Mælt var með þeim síðarnefnda frá byrjun ágúst og út árið. Niðurstöður þessara mælinga eru settar fram auk þess sem vensl þeirra við svifaursstyrk og rýni eru skoðuð. Í þessari skýrslu eru gildi ljósdeyfingar þó ekki kvörðuð með svifaursstyrk heldur verður sú vinna unnin þegar niðurstöður mælinga árána 2005 og 2006 liggja fyrir.

Lykilorð: Lagarfljót við Lagarfell (vhm 007; V007), vatnshæð, ljósdeyfing, ljósgleypni, svifaur, svifaursstyrkur, kornastærð

ISBN nr:
978-9979-9791-1-1

ISSN nr:

Undirskrift verkefnisstjóra
Landsvirkjunar





Niðurstöður ljósdeyfingar- og svifaursmælinga í Lagarfljóti við Lagarfell árið 2004

Jórunn Harðardóttir
Sverrir Ó. Elefsen
Svava Björk Þorláksdóttir



OS-2006/016

Desember 2006

EFNISYFIRLIT

1	INNGANGUR.....	7
2	AÐFERÐIR.....	7
2.1	Svifaurssýni.....	7
2.2	Rýnimælingar.....	8
2.3	Ljósdeyfingarmælingar.....	8
3	NIÐURSTÖÐUR ÁRSINS 2004.....	10
3.1	Svifaursmælingar.....	10
3.2	Mælingar á ljósdeyfinu og kvörðun skynjara.....	11
3.3	Vensl ljósdeyfingar, vatnshæðar, rýni og svifaurs.....	16
4	SAMANTEKT.....	19
5	HEIMILDIR.....	20

MYNDASKRÁ

Mynd 1: Tímasetning svifaurssýnatöku og vatnshæð (í cm yfir sjávarmáli) við vhm 007 í Lagarfljóti við Lagarfell.....	7
Mynd 2: Rýniskífa ("secchi diskur") látin síga niður í vatn. Gildi rýni er það vatnsdýpi þar sem skífan hverfur sjónum manns.....	8
Mynd 3: Mynd af Partech® IR15C ljósdeyfingarnema sem notaður var fyrri hluta árs 2004 í Lagarfljóti.....	9
Mynd 4: Niðurstöður kornastærðargreiningar svifaurssýna sem tekin voru úr Lagarfljóti af Lagarfellsbrú árið 2004. Efri mynd: Hundraðshluti kornastærðarflokka. Neðri mynd: Svifaursstyrkur kornastærðarflokka.....	11
Mynd 5: Niðurstöður ljósdeyfingarmælinga í Lagarfljóti við vhm 007 við Lagarfell árið 2004. Einnig er sýnd siritandi vatnshæð og tímasetning svifaurssýnatöku og hreinsunar ljósdeyfingarnemans. Ferlar ljósdeyfingarnemanna tveggja (IR15C og IR40C) eru aðgreindir með sitthvorum litnum).....	12
Mynd 6: Mæld ljósdeyfing með IR15C (efri mynd) og IR40C (neðri mynd) skynjurum við vhm 007 í Lagarfljóti við Lagarfell.....	13
Mynd 7: Niðurstöður kvörðunar Partech® IR15C og IR40C skynjara með lausn af Fuller's Earth staðli með misjöfnum styrkleika. Efri myndin sýnir öll gildi, einnig gildi utan mælingarsviðs IR40C skynjara, en neðri myndin sýnir lausnir frá 0 til 333 mg/l. Fyrir báða skynjarana eru sýnd gildi mæld með 2500 mV mælibrú og á neðri myndinni eru einnig sýnd gildi 7,5 mV mælibrúar fyrir eldri skynjarann.....	15
Mynd 8: Vensl hlutfalls IR40C/IR15C við svifaursstyrk Fuller's Earth staðls.....	16
Mynd 9: Vensl ljósdeyfingar og vatnshæðar við vhm 007 í Lagarfljóti við Lagarfell árið 2004. Rauðir hringir tákna eldri ljósdeyfingarnemann (IR15C) og gulrauðir hringir tákna þann nýrri (IR40C).....	17

Mynd 10: Vensl svifaursstyrks (<0,06 mm) í sýnum sem tekin voru árið 2004 við vhm 007 við Lagarfell við ljósdeyfingu (A) annars vegar og rýni (B) hins vegar. Vensl ljósdeyfingar og rýni eru einnig sýnd (C)..... 18

TÖFLUSKRÁ

Tafla 1: Kornastærðarflokkar svifaurskýna.....	8
Tafla 2: Niðurstöður kornastærðargreininga svifaurskýna sem tekin voru í Lagarfljóti af brú við Lagarfell árið 2004. Einnig eru sýndar niðurstöður samtímamælinga á vatnshæð Lagarfljóts í cm yfir sjávarmáli, leiðni, ljósdeyfingar og rýni.....	10
Tafla 3: Niðurstöður kvörðunar á IR15C og IR40C ljósdeyfingarskynjurum með Fullers Earth staðli.....	14

1 INNGANGUR

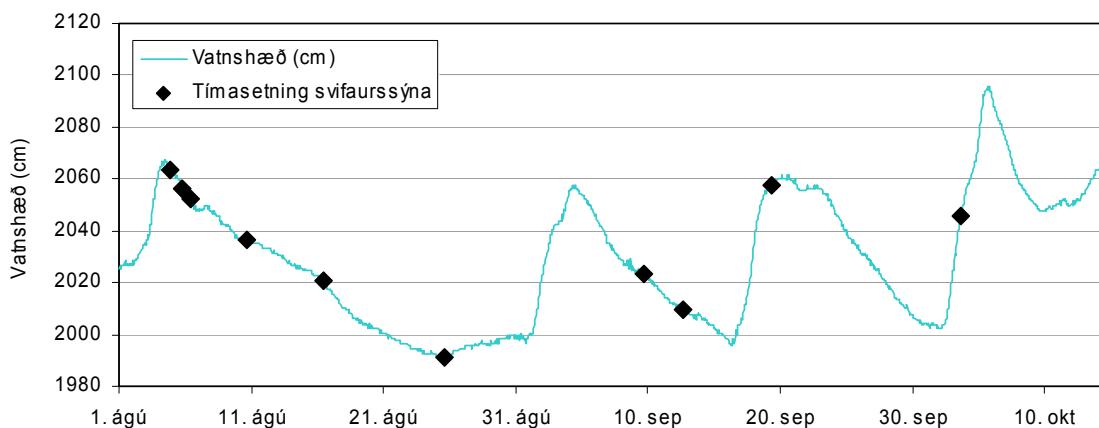
Frá árinu 1995 hafa Vatnamælingar Orkustofnunar (VM) tekið svifaurssýni af brúnni yfir Lagarfljót við Lagarfell fyrir Landsvirkjun (LV), en fyrir þann tíma höfðu þrjú sýni verið tekin á þessum stað. Þessi sýnataka var lengst af bundin í samningi við LV um hefðbundna svifaurssýnatöku, en árið 2003 færðist sýnataka yfir í samning um vöktun Kárahnjúkavirkjunar samhliða því að settur var upp ljósdeyfingarnemi (í fyrri greinargerð kallaður ljósgleypninemi; sjá Jórunn Harðardóttir og Sverrir Elefsen, 2004) við vatnshæðarmæli 007 við Lagarfell. Samkvæmt samningnum er gert ráð fyrir að taka 10 svifaurssýni á ári og gera óbeina mælingu á gegnsæi við ljósdeyfingarnemann með svokallaðri "secchi" rýnskífu við hverja sýnatöku. Svifaurssýnin á síðan að nota til kvörðunar mælisins.

Í þessari greinargerð er sagt frá niðurstöðum ljósdeyfingarmælinganna árið 2004 og þær bornar saman við mælda rýni og svifaursstyrk sýnanna tíu sem tekin voru af brúnni við Lagarfell.

2 AÐFERÐIR

2.1 Svifaurssýni

Svifaurssýnin tíu voru tekin með S49 sýnataka á bílspili á þremur stöðum á brúnni við Lagarfell og flokkast því öll sýnin sem S1 sýni. Fyrsta sýnið var tekið þann 3. ágúst og það síðasta 10. október (mynd 1). Sýnataka var þétt í ágúst en dreifðist þó ágætlega á mismunandi vatnshæð frá rúmum 2060 cm yfir sjávarmáli og niður í um 1990 cm yfir sjávarmáli. Samhliða sýnatökunni var leiðni mæld með handvirkum leiðnimæli, WTW Cond 315i.



Mynd 1: *Tímasetning svifaurssýnatöku og vatnshæð (í cm yfir sjávarmáli) við vhm 007 í Lagarfljóti við Lagarfell.*

Svifaurssýnin tíu voru kornastærðargreind á aurburðarstofu Vatnamælinga samkvæmt hefðbundnum aðferðum sem lýst er í greinargerð Svans Pálssonar og Guðmundar H. Vigfússonar frá árinu 2000. Kornastærðinni er skipt upp í fimm flokka sem sýndir eru í töflu 1, en einnig er mældur heildarstyrkur svifaurs og styrkur uppleystra efna (TDS).

Tafla 1: Kornastærðarflokkar svifaurssýna.

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 Rýnimælingar

Rýni er óbein mæling á gegnsæi og er mælt með svokallaðri "secchi" rýniskífu, sem er 20 cm í þvermál. Skífunni er skipt upp í fjóra reiti, svarta og hvíta til skiptis og í miðja skífuna er festur þráður. Mælingin fer þannig fram að skífan er látin síga niður í vatnið þar til hún hverfur sjónum manns, en það vatnsdýpi kallast rýni (mynd 2). Niðurstöður rýnimælinganna eru notaðar til viðmiðunar við ljósdeyfingargögn sem aflað er við vatnshæðarmæli 007 á Lagarfljótsbrúnni.

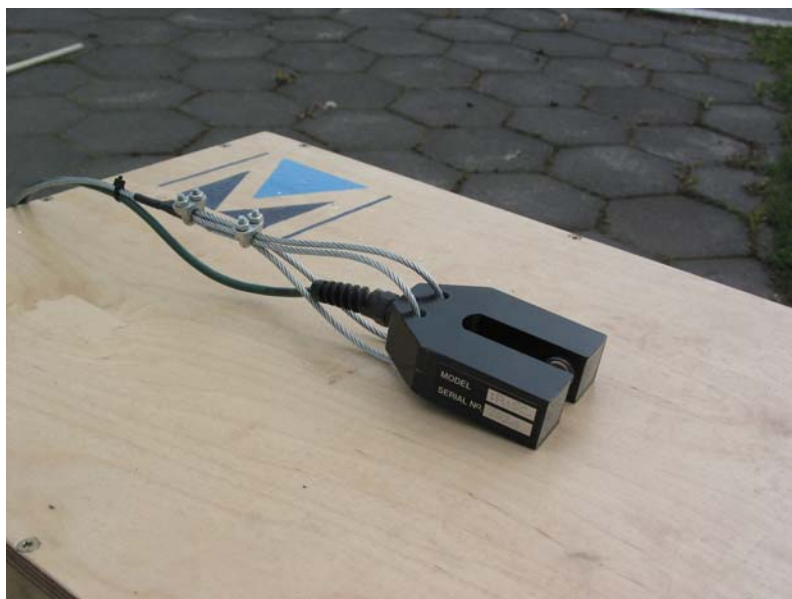


Mynd 2: Rýniskífa ("secchi diskur") látin síga niður í vatn. Gildi rýni er það vatnsdýpi þar sem skífan hverfur sjónum manns.

2.3 Ljósdeyfingarmælingar

Ljósdeyfingarnemi var settur niður við vatnshæðarmæli 007 við Lagarfellsbrú 24. júní 2003. Nemanum var komið fyrir í plaströri sem í höfðu verið boruð göt, um 1,5 cm í þvermál. Götin eiga að hleypa vatninu í gegnum rörið og að nemanum, auk þess sem markmið uppsetningarinnar var að sem minnst af óhreinindum festust á nemanum. Gögnum um ljósdeyfingu og um vatnshæð (mælt í cm yfir sjávarmáli samkvæmt hæðarkerfi Orkustofnunar) var safnað í hefðbundið Campbell CR10X skráningartæki.

Ljósdeyfingarneminn, sem settur var upp í Lagarfljóti árið 2003, er af gerðinni IR15C frá Partech® Instruments. Neminn er byggður upp af tveimur örmum úr plasti (mynd 3) og er á enda hvors arms lítil glerlinsa. Fjarlægðin milli linsanna er föst. Ljósgefi að baki annarrar linsunnar sendir innrautt ljós af fastri tíðni um vatnið milli linsanna, yfir í ljósnema að baki hinni linsunni. Þar sem um innrautt ljós er að ræða er mælingin óháð dagsbirtu. Svifaur í vatninu milli linsanna endurkastar hluta innrauða ljóssins og því ræður bilið milli linsanna hversu mikið ljós er endurkastað af lausn með ákveðinn styrk. Mælimerkið, sem er í mV, er í öfugu hlutfalli við ljósstyrk við ljósnema, sem þýðir að það er í réttu hlutfalli við ljósdeyfinguna. Ljósdeyfingarneminn sem settur var upp árið 2003 var með 15 mm bili milli linsa og var skráningartækið sem hann tengist í upphafi forritað þannig, að það gæti skráð mælingar á öllu sviði nemans, þar sem ekki var vitað nákvæmlega við hvaða ljósdeyfingu mætti búast..



Mynd 3: Mynd af Partech® IR15C ljósdeyfingarnema sem notaður var fyrri hluta árs 2004 í Lagarfljóti.

Ljósdeyfingarneminn var tekinn upp þann 18. maí 2004 og hann sendur til Reykjavíkur í kvörðun með svokölluðum Fuller's Earth staðli til að sjá hvernig svörun hans í mV ykist við aukinn aurstyrk (mg/l). Niðurstöður þessarar kvörðunar voru settar fram í greinargerð um mælingar á ljósdeyfingu (þá kallað ljósgleypni) árið 2003 (Jórunn Harðardóttir og Sverrir Elefsen, 2004) og kom í ljós að mjög góð fylgni var á milli svifaursstyrks staðalsins og ljósdeyfingar. Hins vegar var greinilegt að ljóseiginleikar Fullers Earth staðalsins, sem samanstendur af leirblöndu úr magnesíum ál silikati, voru ólíkir svifaur Lagarfljóts, sem er að miklu leyti ummyndað og basískt gler og frumsteindir (Svanur Pálsson 2003). Í ljósi þeirra niðurstaðna var ákveðið að nota ekki staðalinn við kvörðun mælinganna, en hins vegar nýttist hann við að meta hvers konar fall félli best að venslum svifaurs og ljósdeyfingar.

Við úrvinnslu ljósdeyfingarmælinga ársins 2003 kom í ljós að bilið milli linsa var ekki hentugt fyrir það svið ljósdeyfingar sem mælt var í Lagarfljóti. Nemanum var því skipt út og nýr nemi af gerðinni IR40C með 40 mm milli linsa settur í staðinn þann 4. ágúst 2004. Sá nemi er eins uppbyggður og IR15C skynjarinn nema að í þeim fyrnefnda eru

40 mm á milli linsa í stað 15 mm og því sýnir hann meira útslag en IR15C. Engin ljósdeyfingargögn eru til frá máí þegar gamli neminn var tekinn upp til kvörðunar og þar til í ágústbyrjun vegna tafa við pöntun og uppsetningu nýja nemans.

3 NIÐURSTÖÐUR ÁRSINS 2004

Í töflu 2 eru settar fram niðurstöður kornastærðarmælinga á svifaurssýnum sem tekin voru við vhm 007 á Lagarfljótsbrú við Lagarfell árið 2004. Einnig eru settar fram niðurstöður mælinga sem gerðar voru samhliða sýnatökunni, þ.e. mælingar á rýni, ljósdeyfingu, leiðni og vatnshæð.

Tafla 2: Niðurstöður kornastærðargreininga svifaurssýna sem tekin voru í Lagarfljóti af brú við Lagarfell árið 2004. Einnig eru sýndar niðurstöður samtímamælinga á vatnshæð Lagarfljóts í cm yfir sjávarmáli, leiðni, ljósdeyfingar og rýni.

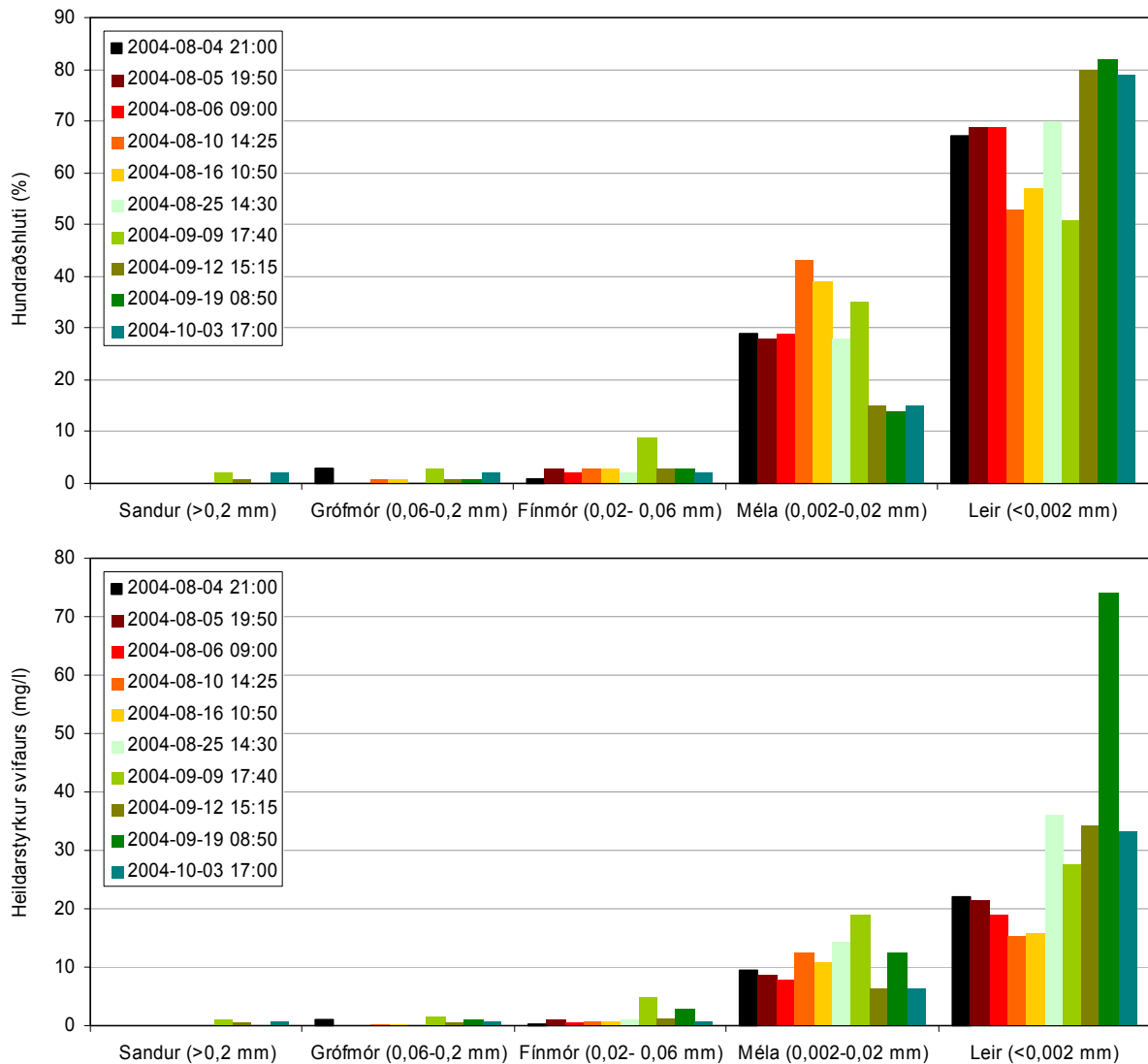
Tími	Leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Ljósdeyfing (mV)	Rýni (cm)	Vatns- hæð (cm y.s.)	Aur- styrkur (mg/l)	TDS (mg/l)	Kornastærð % stærðir í mm					Stærsta korn (mm)
							>0,2	0,2- 0,06	0,06- 0,02	0,02- 0,002	<0,002	
2004-08-04 21:00	56	10,9	—	2063,5	33	31	0	3	1	29	67	0,1
2004-08-05 19:50	54	11,0	32	2056,5	31	31	0	0	3	28	69	0,1
2004-08-06 09:00	53	11,0	32	2052,5	27	43	0	0	2	29	69	0,1
2004-08-10 14:25	55	11,5	30	2036,5	29	45	0	1	3	43	53	0,1
2004-08-16 10:50	55	11,9	31	2020,5	28	31	0	1	3	39	57	0,3
2004-08-25 14:30	58	17,3	—	1991,5	52	46	0	0	2	28	70	0,3
2004-09-09 17:40	57	12,6	33	2023,5	54	24	2	3	9	35	51	0,7
2004-09-12 15:15	57	12,5	32	2009,3	43	23	1	1	3	15	80	0,4
2004-09-19 08:50	57	13,5	24	2057,5	91	31	0	1	3	14	82	0,8
2004-10-03 17:00	58	13,2	25	2045,5	42	42	2	2	2	15	79	0,8

3.1 Svifaursmælingar

Skipting svifaurssýnanna tíu í fimm kornastærðarflokka er sýnd á mynd 4 og er bæði sýnd skipting hvers flokks eftir hundraðshluta og svifaursstyrk. Yfir helmingur af þyngdarprósentu allra svifaurssýnanna er leir (<0,002 mm), en hlutur mélu (0,002–0,02 mm) er einnig stór, eða 14–43%. Þar af eru þó sýnin sem tekin voru eftir 12. september með áberandi lægra méluhlutfall (14 og 15%) og hærra leirhlutfall (79–82%) en önnur sýni. Hlutur grófarar kornastærðarflokka, þ.e. finmós (0,02–0,06 mm), grófmós (0,06–0,2 mm) og sands (>0,2 mm) er hins vegar 3% eða minni í öllum sýnum nema einu þar sem hlutfall grófmós var 9%.

Heildarstyrkur svifaurs var á bilinu frá 28 til 54 mg/l í öllum sýnunum nema sýninu sem tekið var 19. september, en í því var heildarstyrkur svifaurs 91 mg/l; þar af var leir 74 mg/l. Sýnin sem tekin voru frá ágústlokum og fram í október hafa heldur hærra heildarstyrk en sýnin sem tekin voru fyrstu tvær vikurnar í ágúst. Ekki sást þó jafn áberandi breyting í styrk einstakra kornastærðarflokka innan ársins og árið 2003 þegar styrkur fingerðustu flokkanna leirs, mélu og grófmós (0,02–0,06 mm) jókst verulega þegar leið á sumarið (Jórunn Harðardóttir og Sverrir Elefsen, 2004). Ástæðan fyrir þessum mismun milli ára er líklega sú að sýnin frá árinu 2003 dreifðust betur yfir

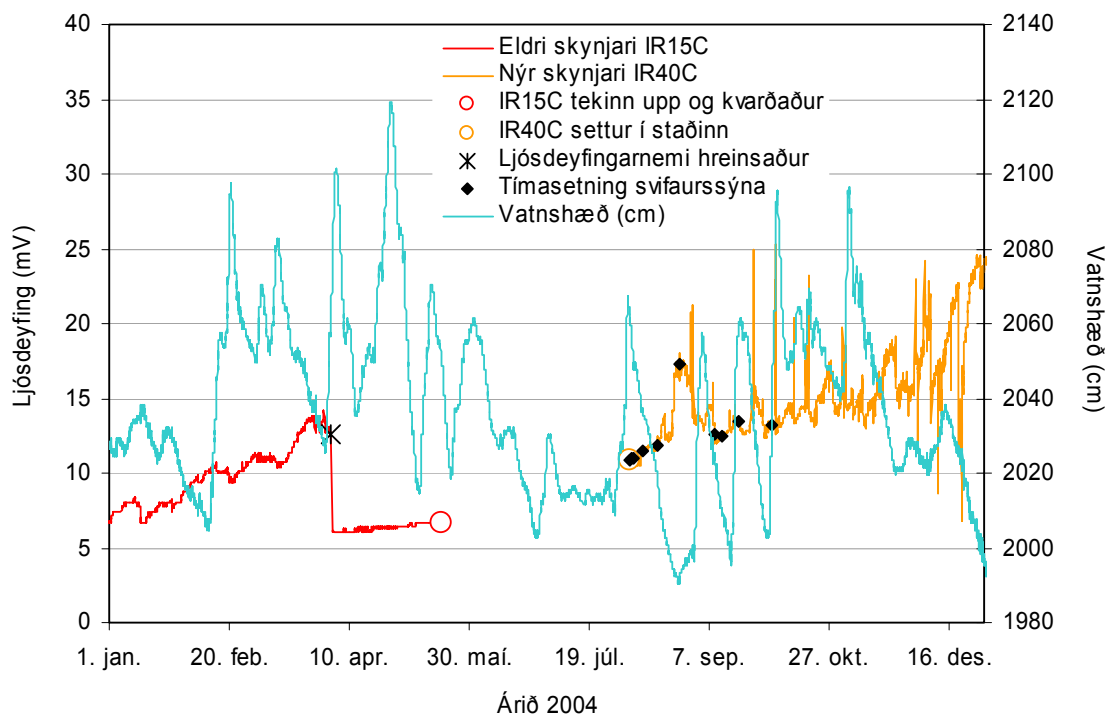
sumartímamann og endurspegluðu því betur breytingar í svifaursstyrk samhliða aukinni jökulleysingu og uppsöfnun fingerðasta jökulgruggsins í Lagarfljóti.



Mynd 4: Niðurstöður kornastærðargreiningar svifaurskýna sem tekin voru úr Lagarfljóti af Lagarfellsbrú árið 2004. Efri mynd: Hundraðshluti kornastærðarflokka. Neðri mynd: Svifaursstyrkur kornastærðarflokka.

3.2 Mælingar á ljósdeyfinu og kvörðun skynjara

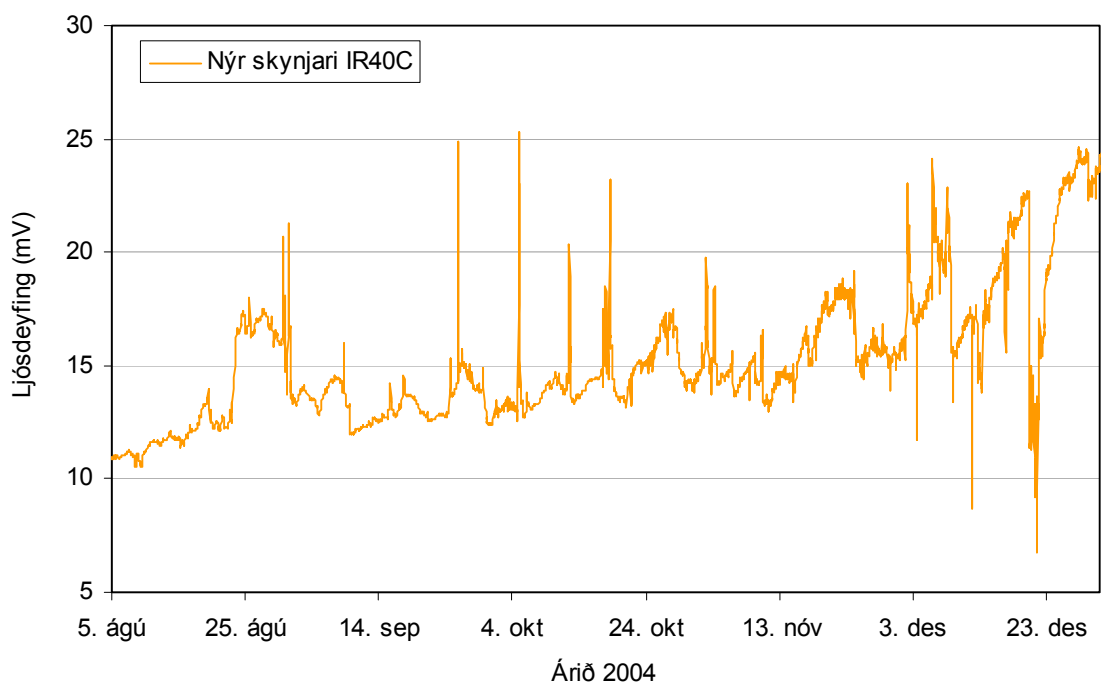
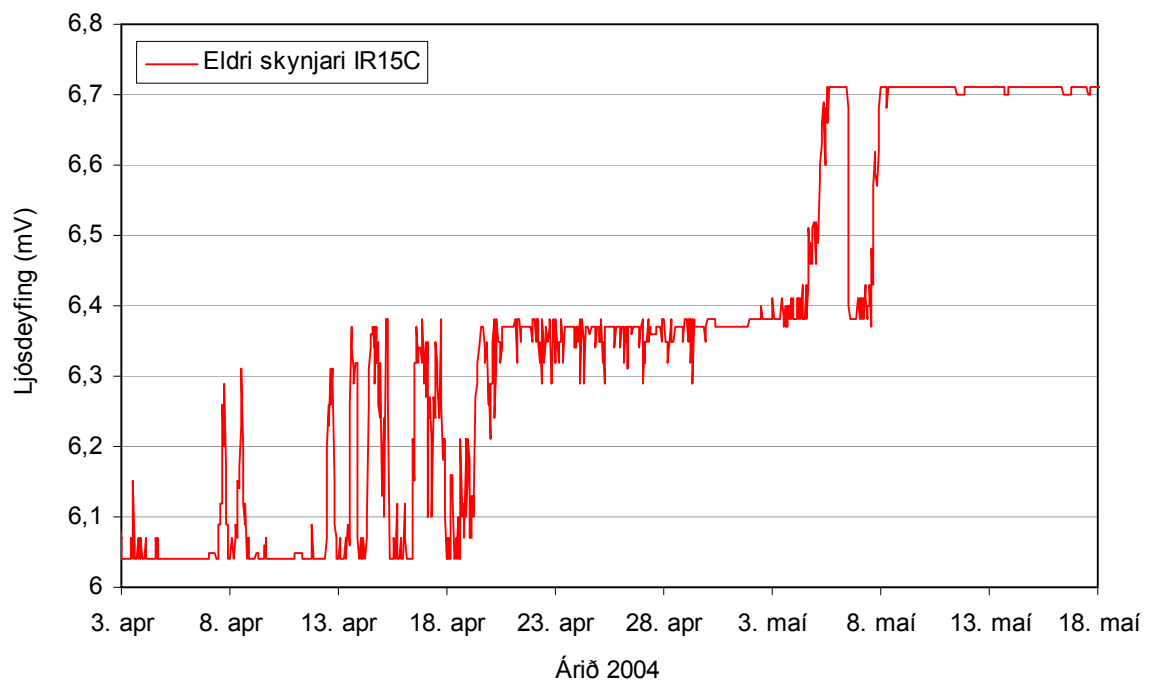
Gögnum um ljósdeyfinu var safnað frá síðla júní 2003 og fram til 18. maí 2004 með IR15C skynjara, en þann 4. ágúst 2004 var IR40C skynjari settur niður og hefur hann mælt ljósdeyfinu frá þeim tíma. Í þessari skýrslu eru settar fram ljósdeyfingarmælingar fyrir árið 2004 og eru þær bornar saman við vatnshæð á mynd 5. Á myndinni er einnig sýnd tímasetning hreinsunar eldri IR15C skynjarans og tímasetning sýnatöku svifaurskýna.



Mynd 5: Niðurstöður ljósdeyfingarmælinga í Lagarfljóti við vhm 007 við Lagarfell árið 2004. Einnig er sýnd siritandi vatnshæð og tímasetning svifaurssýnatöku og hreinsunar ljósdeyfingarnemans. Ferlar ljósdeyfingarnemanna tveggja (IR15C og IR40C) eru aðgreindir með sitthvorum litnum).

Gildi ljósdeyfingar minnkaði verulega úr um 13 mV í 6 mV þegar ljósdeyfingarneminn var hreinsaður um vorið, sem bendir til þess að gögn nemans séu ekki ábyggileg fyrir hreinsunina þann 2. apríl. Á þetta hafði verið bent í greinargerð um niðurstöður ljósdeyfingar á árinu 2003 (Jórunn Harðardóttir og Sverrir Elefsen, 2004), en í henni voru vetrargögn frá 8. desember 2003 til 10. mars 2004 ekki tekin með vegna óeðlilega hárrar ljósdeyfingar.

Á mynd 6 eru niðurstöður mælinga á ljósdeyfingu skipt í tvennt eftir tímabilum. Á efri myndinni eru settar fram niðurstöður mælinga frá 3. apríl og fram til 18. maí sem safnað var með IR15C skynjara, en neðri myndin sýnir niðurstöður úr IR40C ljósdeyfingarnemanum sem settur var niður 4. ágúst. Áberandi er að kvarði á myndunum er mjög ólíkur þar sem niðurstöður eldri skynjarans sveiflast á milli 6,04 til 6,71 mV í áberandi stökkum, en sá nýi sveiflast frá rúmlega 6 mV og upp í 25 mV í samfelldari gildum (ekki mjög skýrt á myndinni). Þessi stökk í gögnum frá eldri skynjaranum koma til vegna þess að upplausn í skráningu mæligilda, þ.e. valin mælibró í skráningartæki, var ekki í samhengi við þann breytileika í svifaurstyrk sem verið var að mæla. Nýi skynjarinn var settur upp í ágúst 2004. Auk þess að hafa meira bil á milli linsa var skráningartækið forritað þannig að önnur mælibró var notuð og upplausn merkisins því meiri. Nýi IR40C skynjarinn hefur lengra bil á milli linsa (40 mm í stað 15 mm) þannig að á leið sinni frá ljósgjafa að ljósnema ferðast innrauða ljósið um meira samanlagt magn svifaurssýna sem deyfir ljósið þannig að skynjarinn er næmari á breytingu í svifaurstyrk en sá gamli (IR15C). Af þessum sökum er mælisvið IR40C þrengra (0–1500 mg/l) en mælisvið IR15C (0–10000 mg/l).



Mynd 6: Mæld ljósdeyfing með IR15C (efri mynd) og IR40C (neðri mynd) skynjurum við vhm 007 í Lagarfljóti við Lagarfell.

Báðir skynjararnir voru kvarðaðir á Vatnamælingum með svokölluðum Fuller's Earth staðli. Fuller's Earth staðallinn, sem framleiðandi skynjaranna mælir með við kvörðun skynjaranna, er samheiti yfir fínkorna leirblöndu úr magnesíum ál silikati, sem notaður hefur verið í gegnum aldirnar í ýmsum iðnaði. Vitað er að ljóseiginleikar og kornastærð Fuller's Earth staðalsins eru mjög ólík þeim sem svifaur í Lagarfljóti hefur, sem er að mestu leyti ummyndað gler, basískt gler og frumsteindir, ásamt súru gleri, sortukornum,

öðrum bergmolum og kvarsi í lægri hlutföllum (Svanur Pálsson, 2003). Kvörðun með staðlinum gefur þó góða hugmynd um mismun milli mælitækja og mælibrúa.

Mælisvið skynjaranna tveggja er mismunandi, eða frá 0–1500 mg/l fyrir IR40C og 0–10000 mg/l fyrir IR15C eins og áður segir. Við kvörðun skynjaranna voru búnar til lausnir með misháan styrk (0–5333 mg/l) með því að leysa mismikið magn af staðlinum upp í eimuðu vatni í stóru bikarglasi. Af þessum lausnum voru tvær sterkustu lausnirnar utan mælisviðs IR40C skynjarans. Til að hindra botnfall var efninu haldið í sviflausn með segulhræru. Ljósdeyfingarskynjarinn var festur ofan í lausninni og voru niðurstöður skynjarans skráðar í CR10X Campbell skráningartæki. Þegar eldri skynjarinn IR15C var kvarðaður voru aðallega notaðar tvær mælibrýr, fyrir 7,5 mV og 2500 mV hámarksútslag, en við kvörðun nýja skynjarans IR40C voru notaðar þrjár mælibrýr, 25, 250 og 2500 mV. Eins og áður sagði fæst hærri upplausn en þrengra mælisvið með mælibrú sem gerð er fyrir lægra hámarksútslag.

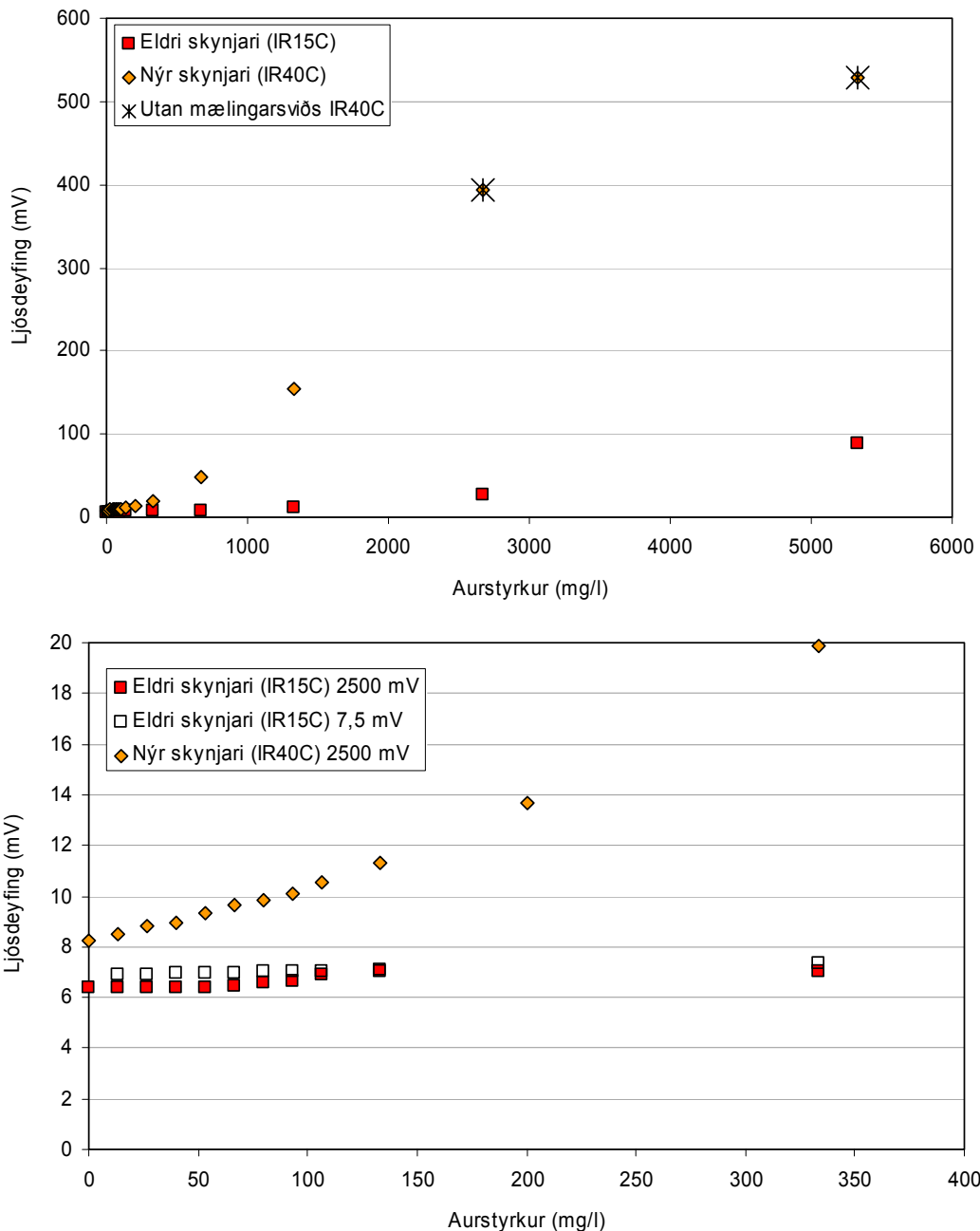
Í hreinu vatni gaf gamli skynjarinn IR15C útslagið 6,37 mV við 2500 mV mælibrú og 6,67 miðað við 7,5 mV mælibrú (tafla 3). Gildi nýja skynjarans voru hins vegar frá 8,2 til 8,6 mV í hreinu vatni eftir því hvaða mælibrú var notuð. Eins og sést í töflu 3 er upplausn eldri mælisins við 2500 mV mjög lítil við lágan styrk og útskýrir það hin miklu stökk í mælingum skynjarans (mynd 6 efri mynd). Næmni mælibrúarinnar og skynjarans var þannig ekki nógu mikil fyrir jafn lítinn styrk og mælist í Lagarfljóti eins og hefur verið bent á áður (Jórunn Harðardóttir og Sverrir Elefsen, 2004). Það að ljósdeyfing í Lagarfljóti mælist lægri en við kvörðun Fuller's Earth staðalsins er hins vegar athyglisvert og útskýrist hugsanlega að einhverju leyti með hliðrun milli Campbell skráningartækja þar sem sitthvort tækið var notað annars vegar við mælingar í Lagarfljóti og hins vegar við kvörðunina.

Tafla 3: Niðurstöður kvörðunar á IR15C og IR40C ljósdeyfingarskynjurum með Fullers Earth staðli.

mg/l	IR15C		mg/l	IR40C		
	7,5 mV	2500 mV		25 mV	250 mV	2500 mV
0	6,67	6,37	0	8,6	8,5	8,2
13	6,89	6,36	13	8,8	8,8	8,5
27	6,92	6,36	27	9,1	9,1	8,8
40	6,94	6,36	40	9,3	9,3	9,0
53	6,98	6,36	53	9,6	9,6	9,3
67	6,99	6,45	67	9,9	9,9	9,6
80	7,04	6,59	80	10,2	10,2	9,9
93	7,04	6,67	93	10,5	10,5	10,1
107	7,06	6,87	107	10,8	10,8	10,6
133	7,09	7,01	133	11,6	11,6	11,3
–	–	–	200	14,0	14,0	13,7
333	7,33	7,03	333	20,3	20,3	19,9
667	8,08	7,7	667	–	47,5	47,3
1333	–	11,72	1333	–	155,4	155,2
2667*	–	27,8	2667	–	–	393,6
5333*	–	88,04	5333	–	–	528,0

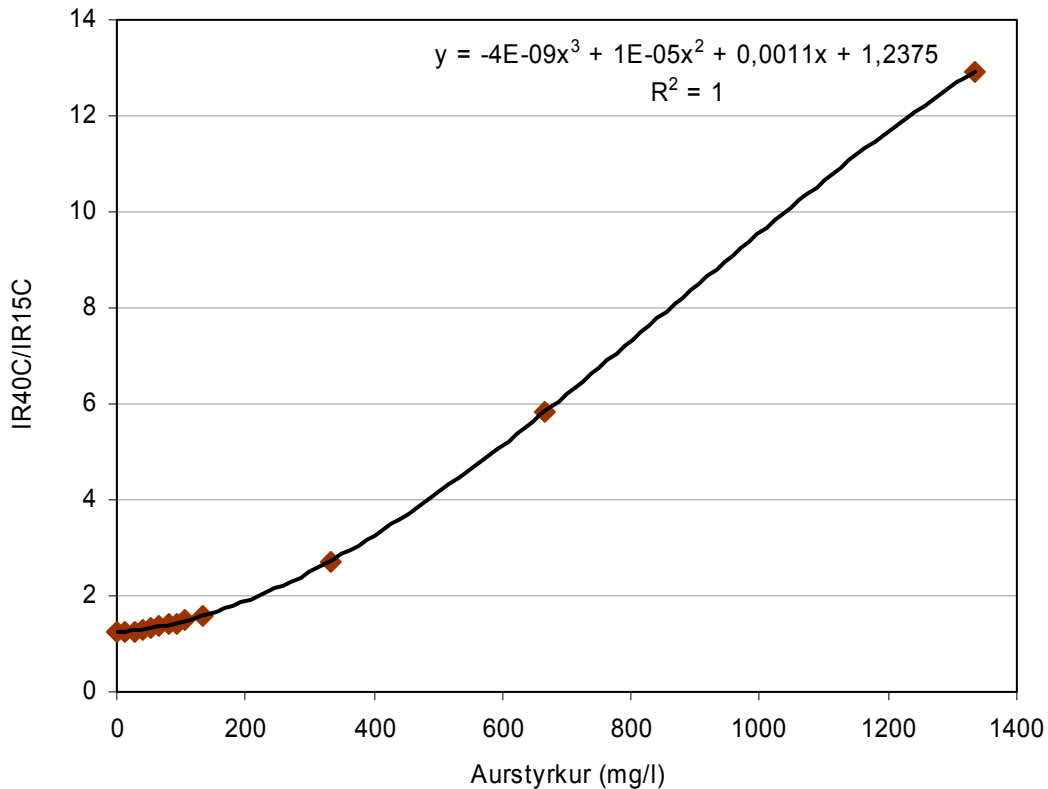
* utan mælisviðs IR40C skynjara

Á mynd 7 eru niðurstöður kvörðunar beggja mælanna settar fram og sést augljóslega hvernig aukið bil á milli linsa hefur áhrif á útslag nema. Á efri mynd 7 var ákveðið að nota 2500 mV mælibrúna fyrir báða skynjarana þar sem gögnin voru skráð með þeirri mælibrú fyrir gamla nemann, jafnvel þó að fyrir hana sé upplausn eldri skynjarans IR15C mjög lítil og því hækki ljósdeyving óverulega með auknum styrk fyrir lægstu styrkgildin. Til samanburðar eru sýndar niðurstöður fyrir 7,5 mV mælibrúna fyrir styrklægstu sýnin (0–333 mg/l) og sést að þau eru aðeins hærrí en 2500 mV gildin þó að upplausn myndarinnar sé ekki nægileg til að sjá augljósan breytileika milli einstakra mælinga.



Mynd 7: Niðurstöður kvörðunar Partech® IR15C og IR40C skynjara með lausn af Fuller's Earth staðli með misjöfnum styrkleika. Efri myndin sýnir öll gildi, einnig gildi utan mælingarsviðs IR40C skynjara, en neðri myndin sýnir lausnir frá 0 til 333 mg/l. Fyrir báða skynjarana eru sýnd gildi mæld með 2500 mV mælibrú og á neðri myndinni eru einnig sýnd gildi 7,5 mV mælibrúar fyrir eldri skynjarann.

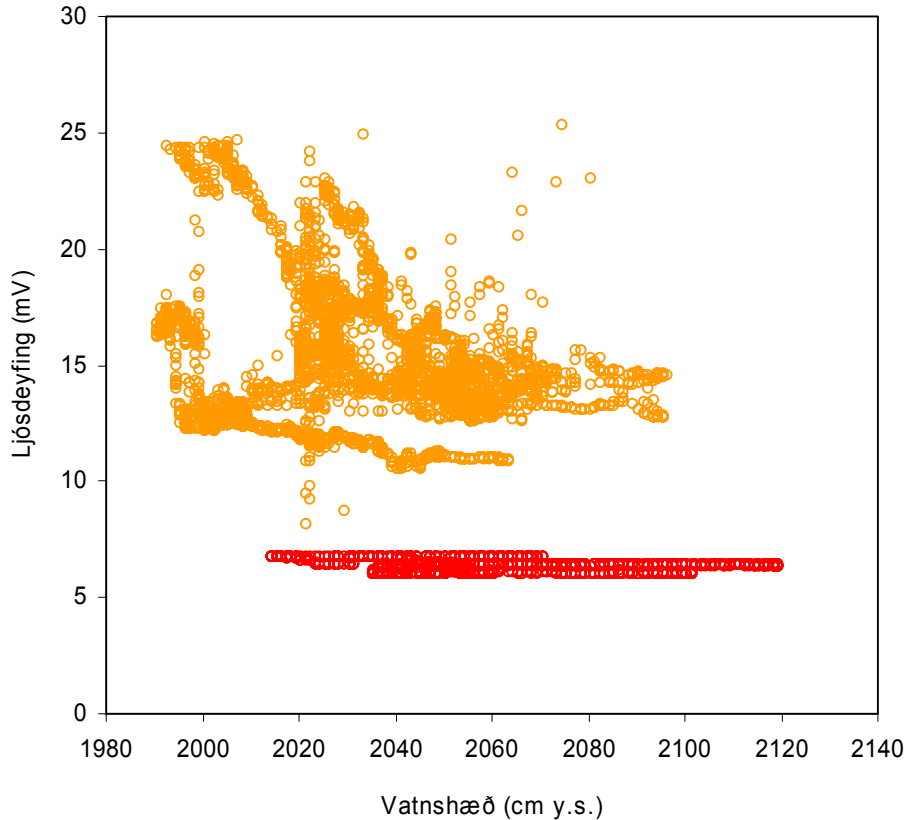
Til að athuga hvort hægt væri að samræma niðurstöður skynjaranna var hlutfallið IR40C/IR15C skoðað (2500 mV mælirú notuð fyrir IR40C og 7,5 mV fyrir IR15C til að sjá breytileika fyrir lágan styrk) fyrir það mælisvið sem báðir skynjararnir eru gefnir upp fyrir (<1500 mg/l). Í ljós kom að hlutfallið jókst frá um 1,2 í hreinu vatni og upp í tæpleg 13 fyrir lausn með styrkinn 1333 mg/l. Þriðja stigs jafna var felld að gögnunum og er fylgni hennar $R^2=1$ sem bendir til að hægt sé að færa niðurstöður kvörðunar ljósdeyfingar við svifaursstyrk á milli skynjara. Þessi vensl verða notuð til að samræma niðurstöður ársins 2003 og seinni ára þegar samantektarskýrsla um mælingar ljósdeyfingar í Lagarfljóti kemur út seinni hluta ársins 2007.



Mynd 8: Vensl hlutfalls IR40C/IR15C við svifaursstyrk Fuller's Earth staðls.

3.3 Vensl ljósdeyfingar, vatnshæðar, rýni og svifaurs

Vensl ljósdeyfingar og vatnshæðar er sett fram á mynd 9 fyrir báða ljósdeyfingarnemana sem mældu ljósdeyfingu árið 2004. Mismunur í 0-gildum mælanna er áberandi á þessari mynd, sem og þrepin þrjú sem niðurstöður eldri mælisins raða sér á. Þegar gildi nýrri mælisins eru skoðuð má sjá að í einstaka hluta gagnanna virðist ljósdeyfing lækka með aukinni vatnshæð þó ekki sjáist áberandi fylgni milli þessara þátta þegar á heildarmyndina er litið. Þarna fléttast saman árstíðabundnar breytingar í svifaursstyrk og lífrænum efnunum, sem og breytingar á svifaursstyrk vegna vatnsborðsbreytinga, sem geta komið til þegar dregið er skyndilega niður í vatnshæð eða ef grófasti hluti svifaursins nær að hluta til að setjast til í vatninu vegna tímabundinnar minnkunnar gegnumstreymis í vatninu.

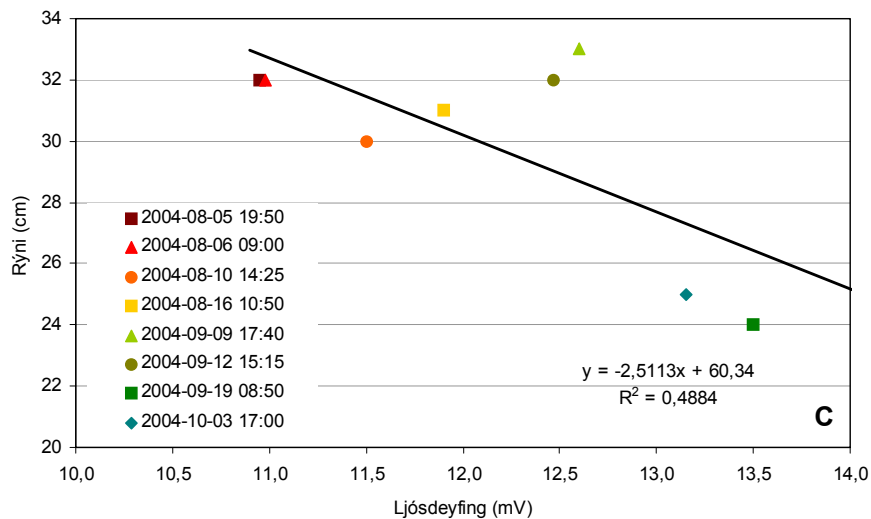
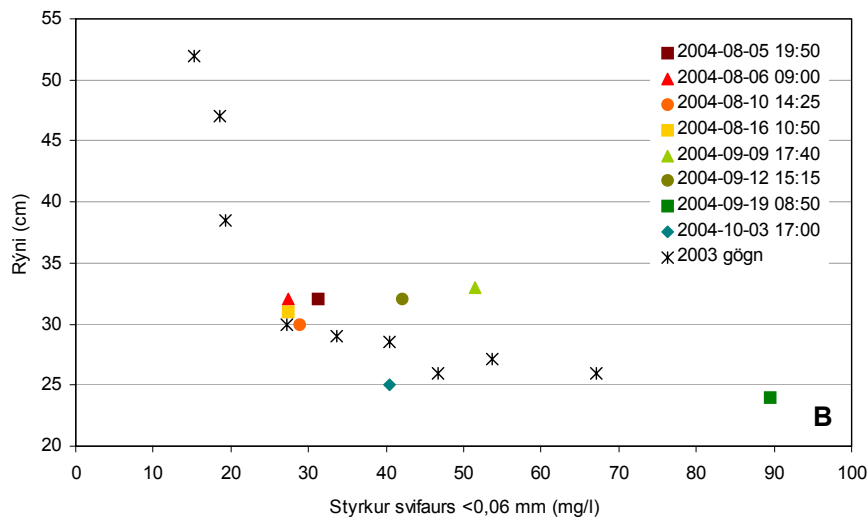
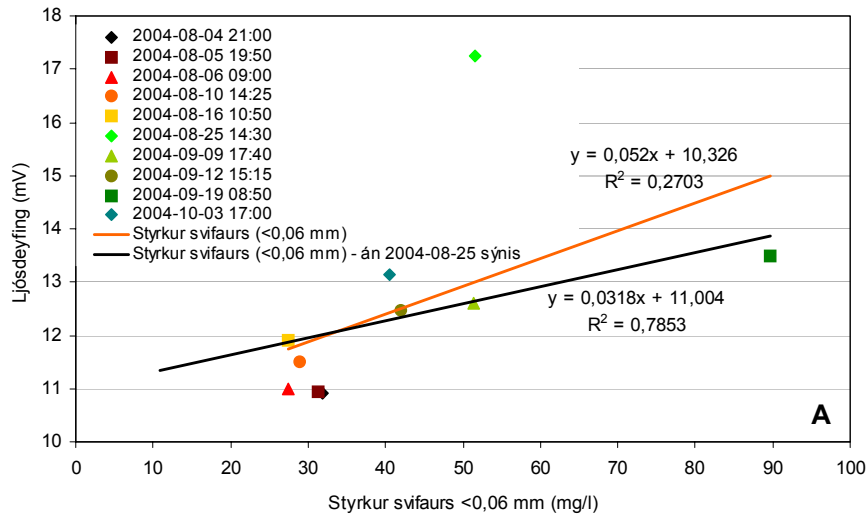


Mynd 9: Vensl ljósdeyfingar og vatnshæðar við vhm 007 í Lagarfljóti við Lagarfell árið 2004. Rauðir hringir tákna eldri ljósdeyfingarnemann (IR15C) og gulrauðir hringir tákna þann nýrri (IR40C).

Öll svifaursýnin sem tekin voru árið 2004 voru tekin þegar nýrri skynjarinn, IR40C, mældi gildi ljósdeyfingar. Því er hægt að nota þau án frekari samanburðar til kvörðunar á venslum ljósdeyfingar og svifaursstyrks. Þar sem grófasti svifaurreinir ($>0,06$ mm) hefur hlutfallslega minnst áhrif á ljósdeyfingu er aðeins notaður styrkur svifaurs $<0,06$ mm við samanburð við ljósdeyfingu. Í Lagarfljóti skiptir þetta ekki miklu máli þar sem hlutur svifaurs fingerðari en $0,06$ mm er yfir 95% í öllum sýnum og í flestum yfir 99%.

Á mynd 10 er styrkur svifaurs fingerðari en $0,06$ mm borinn saman við ljósdeyfingu annars vegar (mynd 10A) og hins vegar við rýni (mynd 10B), sem mæld var á sama tíma og svifaursýnin voru tekin. Því miður fyrirförst að mæla rýni samtímis sýnatöku tveggja svifaursýna (2004-08-04 og 2004-08-25), sem er sérlega bagalegt í síðarnefnda skiptið þar sem ljósdeyfing er þá mun hærrí en samhliða annarri sýnatöku og rýnimæling hefði getað staðfest þetta háa gildi ljósdeyfingar. Hugsanlega er þetta háa gildi raunverulegt en á sama tíma var dregið verulega niður í vatnsborði Lagarfljóts sem auðveldlega getur hafa haft áhrif á ljósdeyfingu í vatninu.

Þó að ljósdeyfing virðist heldur aukast með hærri svifaursstyrk er fylgni þessara þátta lítil ef línulegt fall er fellt að öllum gögnunum ($R^2=0,27$). Ef sýninu með háa ljósdeyfingargildið (2004-08-25) er sleppt eykst fylgnin verulega, eða upp í $R^2=0,78$.



Mynd 10: Vensl svífaursstyrks (<0,06 mm) í sýnum sem tekin voru árið 2004 við vhm 007 við Lagarfell við ljósdeyfingu (A) annars vegar og rýni (B) hins vegar. Vensl ljósdeyfingar og rýni eru einnig sýnd (C).

Léleg fylgni er væntanlega að hluta til komin vegna óvissu í svifaursmælingunum, en hún er upp á nokkur mg/l sem skiptir verulegu máli þegar heildarstyrkur svifaurs er jafn lágur og í Lagarfljóti. Sýnin sem tekin voru fyrri hluta ágúst raða sér t.d. á mjög þröngt bil í ljósdeyfingu og svifaursstyrk, og er breytileikinn innan óvissu svifaursstyrksins.

Gildi rýni eru einnig mjög svipuð yfir sýnatökuna, um og yfir 30 cm, ef frá eru talin síðustu tvö sýnin þegar rýni var komin niður í kringum 25 cm (tafla 2; mynd 10B). Mun betri dreifing var á gildum rýni árið 2003 (mynd 10B), en þá voru sýnin tekin nokkuð jafndreift frá lokum júní og fram í miðjan september þegar mesta breytingin er í jökulbráðnun (Jórunn Harðardóttir og Sverrir Elefsen, 2004).

Á mynd 10C eru sýnd vensl ljósdeyfingar og rýni og sést að báðir þættir eru lágir í síðustu tveimur sýnunum en í öðrum sýnum er ekki áberandi breyting í rýni með ljósdeyfingu. Ef öll sýnin eru skoðuð er fylgni ljósdeyfingar og rýni 0,49 (R^2). Í þessu sambandi hefði verið sérstaklega fróðlegt að sjá hver rýni mældist í sýni frá 25. ágúst þegar ljósdeyfingin mældist rúmlega 17 mV en því miður fórst fyrir að mæla hana í það skiptið. Prófað hefur verið hversu miklu munar á niðurstöðu milli mælingarmanna í samtímamælingu á rýni og var munurinn mestur 1 cm svo að reikna má með óvissu í þeim mælingum upp á um ± 1 cm. Hinn litli munur á rýnigildum í flestum sýnum er því á mörkum óvissu mælinganna.

4 SAMANTEKT

Í þessari skýrslu eru settar fram niðurstöður mælinga á svifaur, ljósdeyfingu, rýni og vatnshæð við vhm 007 í Lagarfljóti við Lagarfell árið 2004. Fyrri niðurstöður hafa verið settar fram í greinargerð (Jórunn Harðardóttir og Sverri Elefsen, 2004) og niðurstöður árána 2005 og 2006 eru væntanlegar í samantektargreinargerð árið 2007.

Tíu svifaurskýni voru tekin á þremur stöðum á brúnni við Lagarfell og þau kornastærðargreind á aurburðarstofu Vatnamælinga OS. Heildarstyrkur svifaurs í þessum sýnum var frá 27 til 91 mg/l og var hlutfall leirs ($<0,002$ mm) hæst í öllum sýnum (51–83%) og í öllum sýnum var hlutfall svifaurs $<0,06$ mm 95% eða hærra. Þessi lági styrkur og fingerða efni er eðlilegt miðað við að nær allt gróft efni fellur út í Lagarfljóti.

Árið 2004 var ljósdeyfing mæld við Lagarfellsbrúna með Partech® IR15C skynjara fram til 18. maí og með Partech® IR40C skynjara frá og með 4. ágúst og út árið. Upphaflega var rennt blint í sjóinn með hvaða skynjara og mælibrú þyrfi að nota við mælingarnar og því reynt að velja skynjara sem næði að mæla allt sviðið bæði fyrir og eftir virkjun við Kárahnjúka. Í ljós kom að upplausn IR15C skynjarans og þeirrar mælibrúar sem var notuð var ekki nóg til að mæla breytileika í hinum lágu gildum ljósdeyfingar sem mælast í Lagarfljóti og var því skipt yfir í IR40C skynjara sem er mun næmari en IR15C.

Enginn skynjari var í gangi yfir hásumarið eftir að fyrri skynjarinn var tekinn upp til kvörðunar í maí vegna tafa við afgreiðslu nýs skynjara. Í byrjun apríl var fyrri skynjarinn hreinsaður eftir veturinn og lækkaði gildi hans verulega við það sem bendir til að hin háu vetrargildi hans séu ónothæf eins og reiknað hafði verið með í fyrri greinargerð (Jórunn Harðardóttir og Sverrir Elefsen, 2004). Í þessari rannsókn er því

eingöngu notuð gildi fyrri mælisins frá 2. apríl til 18. maí til viðbótar við öll gildi nýja mælisins.

Báðir skynjararnir voru kvarðaðir með missterkum lausnum af Fuller's Earth staðli á rannsóknarstofu VM. Hægt er að fella þriðja stigs jöfnu með mjög háan fylgnistuðul ($R^2=1$) að gögnunum sem bendir til að hægt sé að samræma kvörðun svifaurs á milli mælanna við frekari úrvinnslu gagnanna.

Öll svifaursýnin sem tekin voru árið 2004 voru tekin þegar nýi IR40C skynjarinn var í gangi og voru skoðuð vensl ljósdeyfingar og styrks svifaurs $<0,06$ mm. Línulegt fall var fellt að gögnunum (kvörðun Fuller's Earth bendir til að það sé línulegt fyrir svo lítinn styrk sem hér um ræðir) og var fylgni þess léleg ($R^2=0,27$) ef öll sýnin voru notuð. Fylgnin hækkaði verulega, eða í 0,78, ef einu sýni var sleppt sem hafði mjög háa ljósdeyfingu miðað við svifaursstyrk. Hvort rétt er að sleppa því sýni er hins vegar umdeilanlegt. Hluti fylgni milli svifaursstyrks og ljósdeyfingar er þó líklega til kominn vegna þess hve sýnin eru tekin á þröngu tímabili með svipaðan, og jafnframt lágan, svifaursstyrk. Að auki er óvissa í svifaursmælingu nokkur mg/l sem er á því bili sem breytileiki flestra sýnanna er.

Rýni var mæld við töku flestra svifaursýnanna en ekki var jafn áberandi fylgni við styrk svifaurs $<0,06$ mm og árið 2003. Minnsta rýnin mældist í síðustu tveimur sýnunum frá miðjum september og október en ljósdeyfing sömu sýna var einnig há.

Niðurstöður ársins 2004 sýna að nýi ljósdeyfingarskynjarinn IR40C virkar vel fyrir þær mælingar sem fara fram í Lagarfljóti og kemur kvörðun hans með Fuller's Earth vel út. Það sem háir niðurstöðum ársins 2004 er aðallega það, að ekki náðist að mæla ljósdeyfingu yfir hásumarið sem olli því að sýnatakan fór fram á þrengra tímabili en æskilegt hefði verið. Lítil breytileiki var því á styrk svifaurs og ljósdeyfingu milli flestra sýna og er kvörðun þessara þátta því léleg. Beðið verður með frekari kvörðun þar til heildarúttekt verður gerð á mælingum á ljósdeyfingu og svifaursstyrk í Lagarfljóti við Lagarfoss fyrir árin 2003 til 2006.

5 HEIMILDIR

Jórunn Harðardóttir og Sverrir Elefsen (2004). *Niðurstöður ljósgleypni- og svifaursmælinga í Lagarfljóti árið 2003*. Reykjavík: Orkustofnun, Greinargerð JHa-SE-2004/01. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Svanur Pálsson (2003). Bergflokkun á svifaurlausum úr Jökulsánum norðan Vatnajökuls 1999, 2000, 2001 og 2002. Reykjavík: Orkustofnun, Greinargerð SvP-2003/01. Unnið fyrir Landsvirkjun, Auðlindadeild Orkustofnunar og Umhverfisstofnunar.

Svanur Pálsson og Guðmundur G. Vigfússon (2000). *Leiðbeiningar um mælingar á svifaurlausum og úrvinnslu gagna*. Reykjavík: Orkustofnun, Greinargerð SvP-GHV-2000/02.

Sverrir Elefsen og Ari Pálmar Arnalds (2002). *Kvörðun ljósgleypnimælis. Fyrstu niðurstöður*. Reykjavík: Orkustofnun, Greinargerð SE-APA-2002/01.