

LV-2001/012

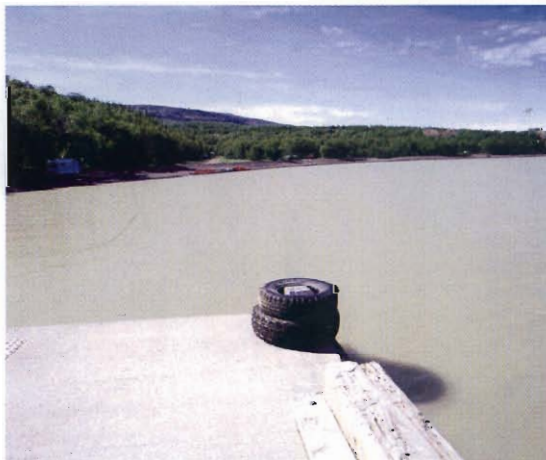

Landsvirkjun

ÚTLÁN
Bókasafn Orkustofnunar

ÚTLÁN
Bókasafn Orkustofnunar

KÁRAHNJÚKAVIRKJUN ÁHRIF Á LIT LAGARFLJÓTS

NIÐURSTÖÐUR TILRAUNA



Apríl 2001

VST Verkfræðistofa
Sigurðar Thoroddsen hf.

VST-2000-0304/08



ORKUSTOFNUN
Vatnamælingar

OS-2001/016

OS-2001/016

VST - Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf.

VST-2000-0304/08

í samvinnu við

ORKUSTOFNUN - Vatnamælingar

OS-2001/016

KÁRAHNJÚKAVIRKJUN
Áhrif á lit Lagarfljóts
Niðurstöður tilrauna

Umsjón verks:

Gunnar Guðni Tómasson, VST

Jórunn Harðardóttir, OS-VM

Unnið fyrir Landsvirkjun

Apríl 2001

**Umsjón útgáfu og dreifing:
Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf.**

EFNISYFIRLIT

MYNDASKRÁ	II
TÖFLUSKRÁ	II
1 INNGANGUR	1
2 RENNSLI OG SVIFAUR Í LAGARFLJÓTI	3
2.1 AÐSTÆÐUR FYRIR VIRKJUN	3
2.2 AÐSTÆÐUR EFTIR VIRKJUN	3
3 SÝNATAKA	7
4 AÐFERÐAFRÆÐI TILRAUNARINNAR	9
4.1 YFIRLIT	9
4.2 LITUR LAGARFLJÓTS FYRIR VIRKJUN	9
4.3 LITUR LAGARFLJÓTS EFTIR FYRIRHUGAÐA KÁRAHNJÚKAVIRKJUN	9
4.4 MYNDATAKA	10
5 NIÐURSTÖÐUR TILRAUNA	13
5.1 NÚVERANDI AÐSTÆÐUR	13
5.2 AÐSTÆÐUR EFTIR VIRKJUN.....	14
HEIMILDASKRÁ	19

MYNDASKRÁ

<i>Mynd 1</i> Yfirlitsmynd af tilhögun Kárahnjúkavirkjunar.....	2
<i>Mynd 2</i> Reiknaður styrkur svifaus í rennsli frá Háslóni. a) Meðaltöl mánaða, b) Meðaltöl 44 ára	4
<i>Mynd 3</i> Rennsli Jökulsár á Dal (efri mynd) og Jökulsár í Fljótsdal (neðri mynd) þegar sýnum var safnað úr ánum.	8
<i>Mynd 4</i> Ljósmyndir frá tilraunum. a) Hrært upp í tunnusýnum með borðfastri borvél. b) Vatni dælt ofan af seti í plexiglerkeri. c) Hrært upp í plexiglerkerum fyrir útfellingu sets í fyrri hluta tilraunarinnar.....	10
<i>Mynd 5</i> Litur Lagarfljóts fyrir virkjun. Lengst til hægri sýni úr Lagarfljóti, þá koma sýni úr Jökulsá í Fljótsdal sem stóðu í 12, 15 og 20 tíma fyrir blöndun við hreint vatn (tafla 3).	14
<i>Mynd 6</i> Seinni hluti tilraunarinnar. Líkt er eftir lit á Háslóni. Litur vatnssýna úr Jökulsá á Dal eftir útfellingu sets en fyrir blöndun. a) eftir 22 tíma, b) eftir 15 tíma, c) eftir 9 tíma, d) Lagarfljót og e) óblönduð Jökulsá á Dal.	15
<i>Mynd 7</i> Seinni hluti tilraunarinnar. Líkt er eftir lit á Lagarfljóti eftir virkjun. Litur vatnssýna úr Jökulsá á Dal eftir útfellingu sets og blöndun þess vatns við vatn úr Lagarfljóti. a) eftir 22 tíma, b) eftir 15 tíma, c) eftir 9 tíma, d) Lagarfljót og e) óblönduð Jökulsá á Dal.	15
<i>Mynd 8</i> Seinni hluti tilraunarinnar. Líkt er eftir lit á Lagarfljóti eftir virkjun. Litur vatnssýna úr Jökulsá á Dal eftir útfellingu sets og blöndun þess vatns við vatn úr Lagarfljóti borin saman við lit vatns úr Lagarfljóti. a) eftir 22 tíma, b) eftir 15 tíma og c) eftir 9 tíma.	16
<i>Mynd 9</i> Litur Lagarfljóts fyrir (efri mynd) og eftir (neðri mynd) virkjun. Notaðir eru þeir litir sem fengust með fyrri og seinni hluta tilraunarinnar til þess að fá sem bestan samanburð á milli myndanna.....	17

TÖFLUSKRÁ

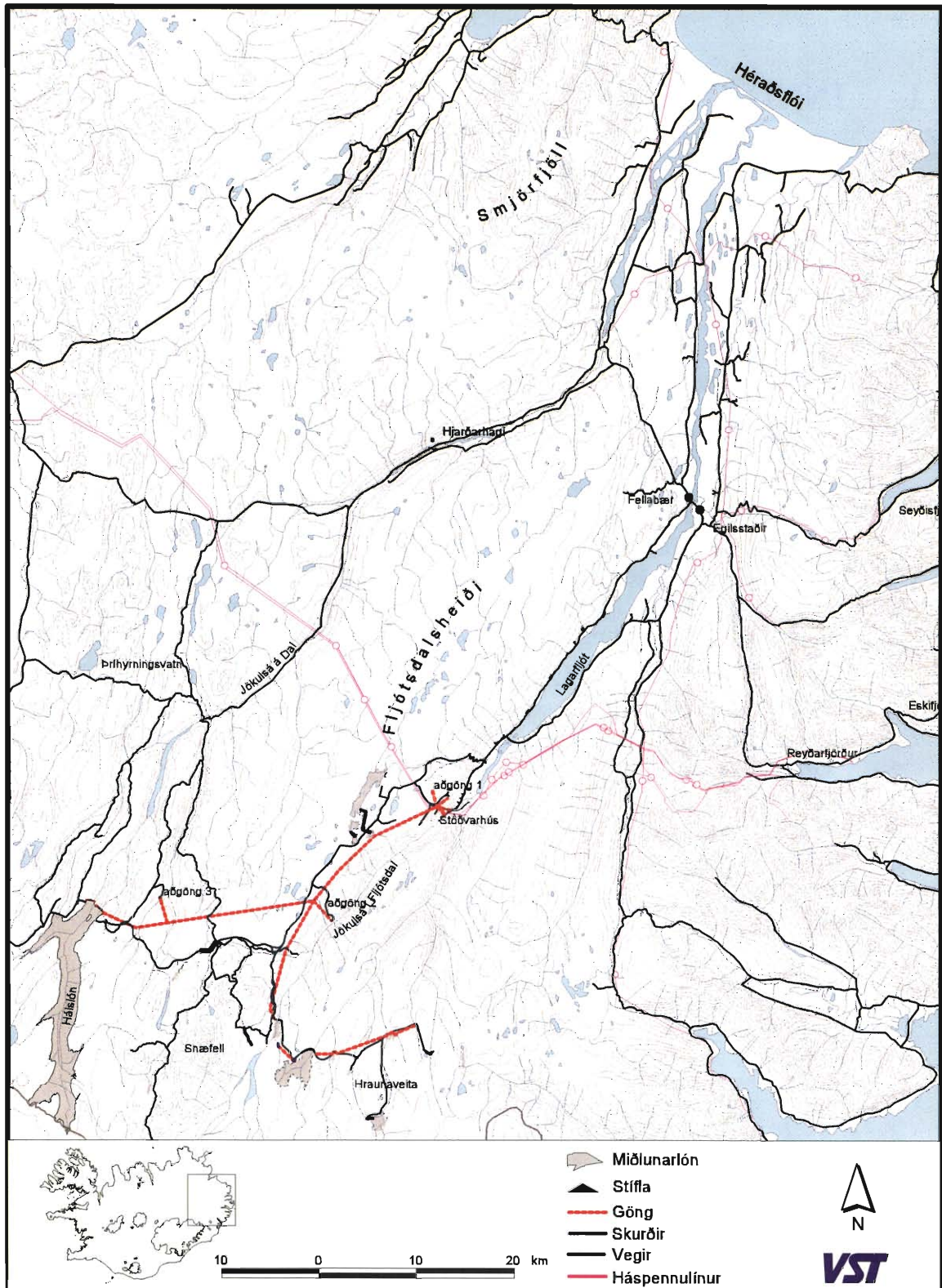
<i>Tafla 1</i> Yfirlit yfir tunnusýnatöku úr Jökulsám á Dal og í Fljótsdal og Lagarfljóti.....	7
<i>Tafla 2</i> Listi yfir myndavélar/filmur sem notaðar voru við ljósmyndun á tilraunasýnum.	10
<i>Tafla 3</i> Svifausstyrkur í tilraun með núverandi lit Lagarfljóts.....	13
<i>Tafla 4</i> Svifausstyrkur í tilraun með lit Lagarfljóts eftir virkjun	14

1 INNGANGUR

Með Kárahnjúkavirkjun eru virkjaðar í einni virkjun jökulárnar Jökulsá á Dal og Jökulsá í Fljótsdal. Einnig er veitt til virkjunarinnar vatni úr nokkrum ám norðan Snæfells og á Fljótsdalsheiði og vatni úr ám á svokölluðum Hraunum austan Jökulsár í Fljótsdal. Yfirlitskort af tilhögun virkjunarinnar er sýnt á mynd 1. Jökulsá á Dal er stífluð við Kárahnjúka og myndar Háslón, megin miðlunarlón virkjunarinnar. Þaðan er vatni veitt um 40 km löng aðrennslisgöng að stöðvarhúsi í Fljótsdal og þaðan áfram til Jökulsár í Fljótsdal og Lagarfljóts.

Eitt helsta einkenni Jökulsár á Dal er mjög mikill aurburður. Eftir virkjunina mun aurburður árinna, áætlaður um 10 milljónir tonna á ári að jafnaði (Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen 2001a), berast inn í Háslón og valda þar verulegri setmyndun. Þrátt fyrir að aðeins lítill hluti aurburðarins komist í gegnum Háslón til virkjunarinnar og þaðan áfram til Lagarfljóts, verður aukning svifaus þar veruleg. Afleiðingar þess verða m.a. breytingar á lit og gegnsæi Fljótsins. Í þessari skýrslu er fjallað um tilraunir sem gerðar voru til að leggja mat á breytingar á lit Lagarfljóts með tilkomu virkjunarinnar.

Skýrslan er unnin fyrir Landsvirkjun í tengslum við mat á umhverfisáhrifum Kárahnjúkavirkjunar. Umsjón með tilraununum var í höndum Gunnars Guðna Tómassonar hjá VST og Jórunnar Harðardóttur hjá Vatnamælingum Orkustofnunar.



Mynd 1 Yfirlitsmynd af tilhögun Kárahnjúkavirkjunar.

2 RENNSLI OG SVIFAUR Í LAGARFLJÓTI

2.1 AÐSTÆÐUR FYRIR VIRKJUN

Við núverandi aðstæður er meðalrennsli inn í Lagarfljót um $90 \text{ m}^3/\text{s}$, þar af er um þriðjungur jökulvatn frá Jökulsá í Fljótsdal en um tveir þriðju hlutar bergvatn úr Kelduá, Bessastaðaá, Gilsá, Grímsá og fleiri ám og lækjum á svæðinu. Með Lagarfljóti er hér, eins og annars staðar í þessari skýrslu, átt við stöðuvatnið ofan brúarinnar við Egilsstaði og Fellabæ, stundum nefnt Lögurinn eða Fljótið af heimamönnum. Neðan brúarinnar bætist við bergvatn úr Eyvindará, Rangá og öðrum smærri ám og lækjum þannig að við Lagarfoss er meðalrennsli orðið um $107 \text{ m}^3/\text{s}$. Rúmmál Lagarfljóts er um 2700 Gl og viðstöðutími vatns í Fljótinu því að meðaltali um 1 ár.

Talsverður aur berst til Lagarfljóts úr Jökulsá í Fljótsdal og talið er að meðalframburður aurs við Hól sé á bilinu 300.000-400.000 tonn á ári (Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon, 1993, Haukur Tómasson o. fl. 1996). Stærstur hluti framburðarins sest til á aurum Jökulsár í Fljótsdal eða fljótlega eftir að kemur út í Lagarfljót, en finasti hluti svifaursins nær ekki að setjast til þrátt fyrir langan viðstöðutíma. Samkvæmt mælingum við Lagarfljótsbrú er dæmigerður styrkur svifaurs þar 25-35 mg/l, þar af flokkast tæplega helmingur sem méla (0,02-0,002mm), en rúmlega helmingur sem leir (<0,002mm).

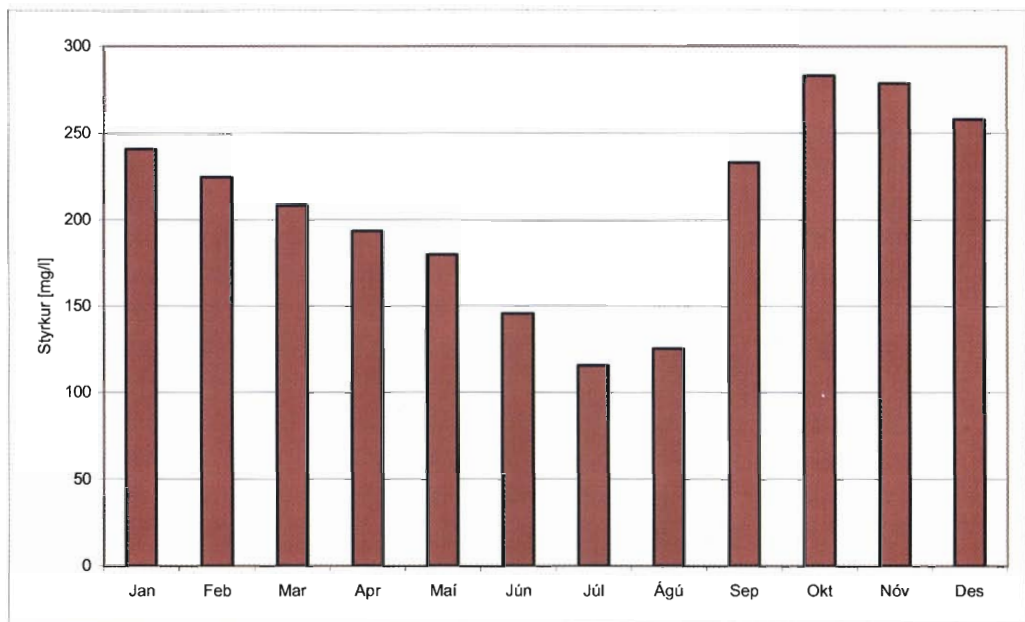
Svifaurinn í vatninu gefur Lagarfljóti þann hvítleita til gulgræna lit sem einkennir það í dag. Hann veldur því einnig að gegnsæi í vatninu er tiltölulega lítið. Gegnsæi er hér skilgreint sem það dýpi sem 1% ljóss nær niður á, en misjafnt er hvað hinir ýmsu hlutar litrófsins ná niður á mikið dýpi. Samband svifaurs og gegnsæis í Lagarfljóti hefur verið rannsakað af Hákonni Aðalsteinssyni hjá Orkustofnun (1976, 1981). Miðað við niðurstöður þeirra athugana er gegnsæi ósíaðs yfirborðsljóss miðað við dæmigerðan styrk svifaurs í Fljótinu við Lagarfljótsbrú nú um 120-130 cm ef eingöngu er miðað við niðurstöður frá Lagarfljóti. Hugsanlegt er að gegnsæi í Lagarfljóti sé í raun eitthvað meira, því ef bætt er við niðurstöðum frá Hvítárvatni í samanburði á svifaursstyrk og gegnsæi eykst sumargegnsæi í um 150-200 cm (Hákon Aðalsteinsson 1976). Augljóst er þó að gegnsæi í Lagarfljóti er tiltölulega lítið sama hvor talan er notuð.

2.2 AÐSTÆÐUR EFTIR VIRKJUN

Með tilkomu Kárahnjúkavirkjunar munu aðstæður í Lagarfljóti breytast verulega, rennsli mun u.þ.b. tvöfaldast vegna tilkomu vatns frá Háslóni og svifaur þar með aukast verulega.

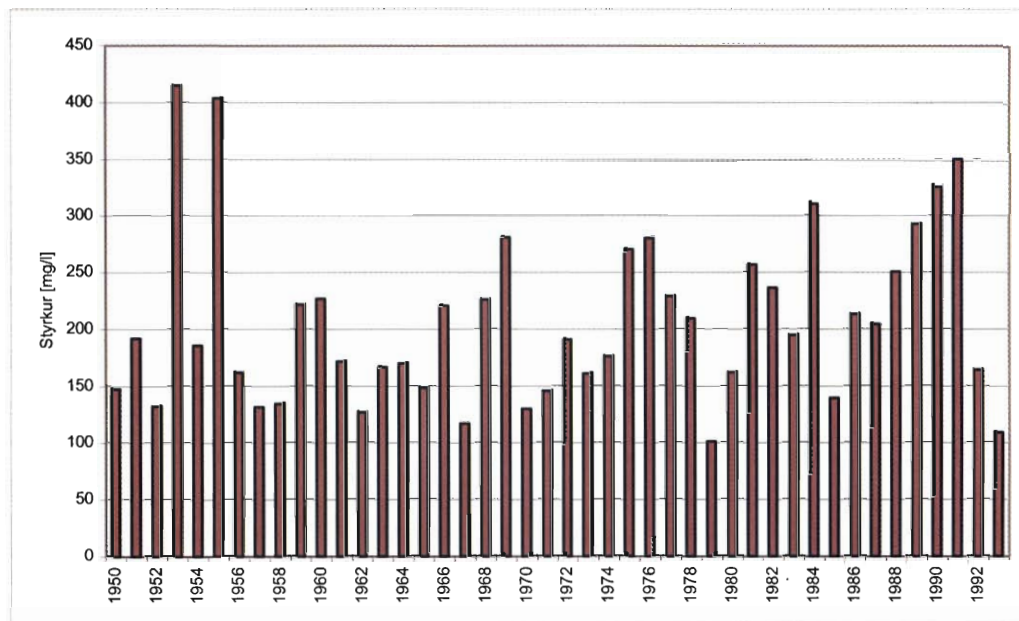
Við fyrri áfanga virkjunarinnar munu að jafnaði renna um 90 m³/s frá Háslóni, tiltölulega óháð árstíma. Rennsli í Lagarfljóti eykst að sama skapi. Við seinni áfanga virkjunarinnar verður meðalaukning rennslis frá Háslóni svipuð, en breytingin verður árstíðabundnari, þ.e. lítil á vorin og fram eftir sumri, en mikil yfir vetrarmánuðina. Á sama hátt verður aukning á meðalrennsli Fljótisins svipuð (80-90 m³/s), en og breyting rennslis árstíðabundnari. Nær engin rennslisaukning verður í júní, 20-50 m³/s aukning á meðalrennsli í júlí og ágúst en 100-110 m³/s aukning í rennsli yfir vetrartímamann (nóv.-apríl) (Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen 2001b). Við þessa aukningu rennslis stýttist viðstöðutími vatns í Lagarfljóti í um hálf tveggja ár að jafnaði.

Jökulsá á Dal ber fram mikinn aur og þrátt fyrir að yfir 90% af þeim aur muni setjast til í Háslóni, mun aurburður úr lóninu í gegnum vélar virkjunarinnar og þaðan til Lagarfljóts valda verulegri aukningu á styrk svifaurs í Fljótinu. Líkanreikningar á setmyndun í Háslóni (Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen 2001a) sýna að um 6% þess aurs sem berst inn í lónið muni skila sér til Lagarfljóts í gegnum vélar virkjunarinnar, eða tæp 600.000 tonn á ári. Um 75% þessa efnis flokkast sem leir (<0,002mm), en afgangurinn sem méla (0,002-0,02mm). Styrkur svifaurs í rennsli frá Háslóni verður þannig að jafnaði um 220 mg/l. Á mynd 2 er sýndur reiknaður styrkur svifaurs í rennsli frá Háslóni til Lagarfljóts, annars vegar meðalstyrkur hvers mánaðar og hins vegar meðalstyrkur 44 ára. Eins og sjá má verður svifaursstyrkurinn nokkuð misjafn innan ársins, mestur á haustin en minnstur fyrripart sumars. Hann verður einnig talsvert breytilegur milli ára (mynd 2b).



a)

Mynd 2 Reiknaður styrkur svifaurs í rennsli frá Háslóni. a) Meðaltöl mánaða, b) Meðaltöl 44 ára



Mynd 2b)

Það efni sem berst frá Háslóni mun einungis að litlu leyti setjast til í Lagarfljóti, enda er viðstöðutími í Háslóni svipaður viðstöðutíma í Lagarfljóti eftir virkjun. Ef gert er ráð fyrir að ekkert af svifaur frá Háslóni setjist til í Lagarfljóti og jafnframt að styrkur svifaurs í Lagarfljóti vegna vatns frá Jökulsá í Fljótsdal verði sá sami og hann er í dag má gera ráð fyrir að dæmigerður styrkur svifaurs í Lagarfljóti eftir virkjun verði 110-130 mg/l, eða fjór- til fimmfaldur styrkur m.v. aðstæður fyrir virkjun. Hér sem og annars staðar í þessari skýrslu þar sem fjallað er um styrk svifaurs í Lagarfljóti er átt við styrk svifaurs við Lagarfljótsbrú.

Þessi aukning á styrk svifaurs veldur einnig minnkun gegnsæis í Fljótinu. Miðað við niðurstöður fyrri athugana á sambandi svifaurs og gegnsæis í Lagarfljóti (Hákon Aðalsteinsson 1976, 1981, Hákon Aðalsteinsson og Oddur Sigurðsson 1993) má gera ráð fyrir að með tilkomu Kárahnjúkavirkjunar verði dæmigert gegnsæi í Fljótinu við Lagarfljótsbrú um 50-60 cm, eða um helmingur þess sem það er fyrir virkjun.

3 SÝNATAKA

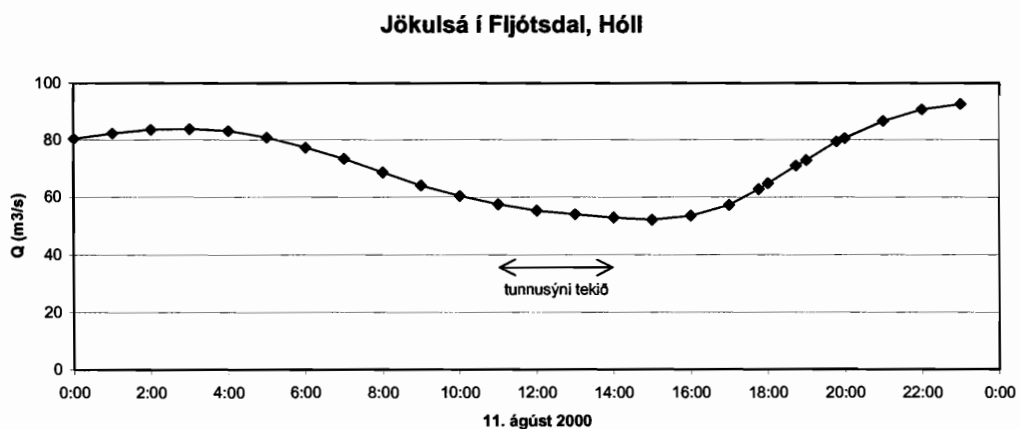
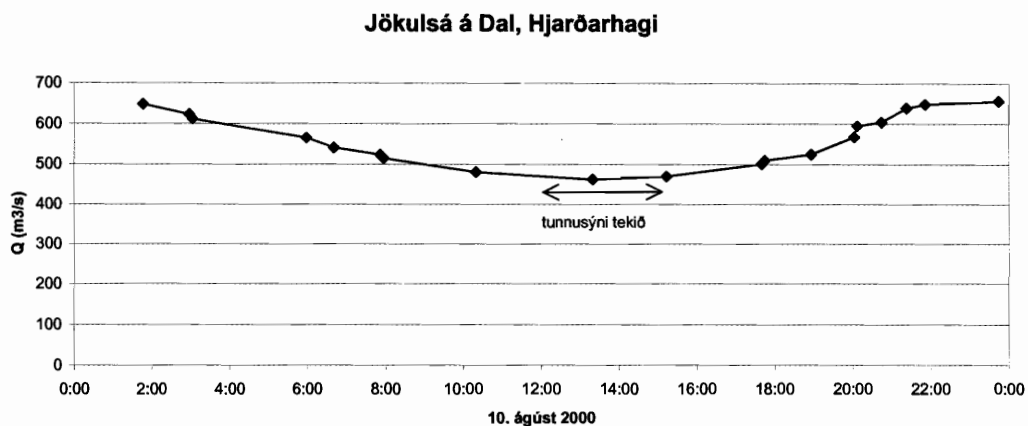
Vatni var safnað í 200 l tunnur úr Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga, Jökulsá í Fljótsdal við Hól og úr Lagarfljóti við Lagarfoss dagana 10. og 11. ágúst, 2000 (tafla 1). Við Jökulsárnar á Dal og í Fljótsdal var sýnum safnað með sérhönnuðum sýnataka fyrir stór vatnssýni, sem rennt var niður í gegnum vatnssúluna og áleiðis niður á botn áður en hann var dreginn upp aftur. Í hverri niðurfærð náðust um 17 l af vatni. Aðstæður leyfðu ekki að tekin væru sýni við Lagarfljótsbrú við Egilsstaði (Lagarfell) svo að sýni voru tekin við hefðbundinn aurburðarsýnastað Vatnamælinga við Lagarfossvirkjun nokkru neðar. Ekki var hægt að nota stóra sýnatakann við Lagarfoss svo að sýnin voru tekin með fötu sem dýft var niður í ána eins djúpt og mögulegt var. Þegar sýni eru tekin á þennan hátt er hætt á að grófasti aurinn náist ekki með þar sem styrkur hans er iðulega mestur niðri við árbotninn. Í Lagarfljóti er þó ólíklegt að fötusýnataka valdi mikilli skekkju þar sem svifaurinn er mjög fingerður og því vel upphræður í vatninu. Tunnurnar voru loks innsiglaðar og fluttar til Reykjavíkur með flutningabíl og geymdar í geymslu Orkustofnunar við Grensásveg þar til litatilraunir hófust.

Tafla 1 Yfirlit yfir tunnusýnatöku úr Jökulsám á Dal og í Fljótsdal og Lagarfljóti.

Vatnsfall	Gerð sýnataka	Heildarmagn (l)	Tímabil sýnatöku
Jökulsá á Dal, Hjarðarhagi	Stór sýnataka	ca. 600	2000.08.10. 12:00-15:00
Jökulsá í Fljótsdal, Hól	Stór sýnataka	ca. 600	2000.08.11. 11:00-14:00
Lagarfljót, Lagarfoss	Fötusýni	ca. 400	2000.08.11. 17:15-18:00

Þar sem sýnatakan tók nokkra tíma við Jökulsá á Dal og í Fljótsdal (tafla 1) var rennslíð að breytast yfir tókutímann. Mynd 3 sýnir rennslisbreytingar á tókutíma þessara sýna. Sýnatakan tók hins vegar innan við klukkustund í Lagarfljóti og var rennslisbreytingin á þeim tíma óveruleg.

Til viðbótar við tunnusýnin voru tekin hefðbundin aurburðarsýni á stöðunum þrem ymist með S49 sýnataka af rafknúnu spili eða DH48 handsýnataka (Lagarfljót). Við útreikninga á svifaurframburði var notað rennslí þegar hefðbundnu aurburðarsýnin voru tekin.



Mynd 3 Rennslí Jökulsár á Dal (efri mynd) og Jökulsár í Fljótisdal (neðri mynd) þegar sýnum var safnað úr ánum.

4 AÐFERÐAFRÆÐI TILRAUNARINNAR

4.1 YFIRLIT

Tilraunir á litarbreytingum Lagarfljóts eftir fyrirhugaða Kárahnjúkavirkjun fóru fram í húsnæði Vatnamælinga í kjallara Orkustofnunar. Byrjað var á því að opna tunnurnar og hræra upp í þeim með stórum sementsþeytara, sem festur var við borðfasta borvél, þar til fullvíst var að allur aur væri í upplausn (mynd 4a). Á meðan hrært var í vatninu í tunnunum voru hefðbundin aurburðarsýni tekin með handsýnataka (DH48) úr hverju vatnsfalli/tunnu fyrir sig. Aurburðarsýnin voru síðan greind með tilliti til styrks og kornastærðardreifingar á aurburðarstofu Vatnamælinga OS.

Tilraunum með litarbreytingar í Lagarfljóti var skipt í tvennt. Annars vegar var gerð tilraun til þess að búa til lit Lagarfljótsins eins og hann er í dag, og hins vegar var reynt að búa til þann lit sem reiknað er með að Lagarfljótið muni taka á sig eftir fyrirhugaða Kárahnjúkavirkjun.

4.2 LITUR LAGARFLJÓTS FYRIR VIRKJUN

Reynt var að búa til raunverulegan lit á Lagarfljóti með útfellingu á grófasta aur Jökulsár í Fljótsdal og þynningu þess vatns með hreinu vatni. Vatni úr Jökulsá í Fljótsdal var dælt í 4 ferningslaga (30*30*30 cm) plexiglerker með lítilli dælu sem fest var framan á borvél, en vatni úr Lagarfljóti var dælt í það fimmta. Kerin voru látin standa óhreyfð í 0 (hrein Jökulsá í Fljótsdal til viðmiðunar), 12, 15 og 20 tíma áður en áður en dælt var varlega ofan af þeim án þess að hreyfa grófa setið á botninum, sem þegar hafði fallið úr vatninu (mynd 4b). Sýni til kornastærðargreiningar voru þá tekin úr dælda vatninu. Dælda vatninu var að lokum blandað saman við kalt kranavatn í hlutföllunum 1/2 (Jökulsá í Fljótsdal/vatn).

4.3 LITUR LAGARFLJÓTS EFTIR FYRIRHUGAÐA KÁRAHNJÚKAVIRKJUN

Eftir að hrært hafði verið upp í vatni úr Jökulsá á Dal var því dælt yfir í 4 plexiglerker. Sýni af óblönduðu Lagarfljóti var einnig dælt yfir í plexiglerker til samanburðar. Eftir að hrært hafði verið í kerjunum (mynd 4c) var vatnið látið standa í þeim í fyrirfram ákveðinn tíma til þess að líkja eftir setútfellingu í fyrirhuguðu Háslóni. Tími þessi var áætlaður út frá niðurstöðum kornastærðargreiningar á tunnusýnunum. Í fyrstu lotu tilraunarinnar voru sýnin látin setjast til í 5, 7 og 9 tíma áður en dælt var ofan af þeim á sama hátt og gert var í fyrrnefndri tilraun. Þessu vatni var síðan blandað saman við vatn úr

Lagarfljótí í hlutföllunum 8/9 (Jökulsá á Dal/Lagarfljót) og litur þess skoðaður. Í seinni lotu þessarar tilraunar var vatnið látið standa í 9, 15 og 22 tíma áður en því var dælt upp úr kerjunum og blandað við Lagarfljót. Í öll skiptin voru tekin sýni af vatninu sem dælt var upp úr kerjunum og þau kornastærðargreind.



Mynd 4 Ljósmyndir frá tilraunum. a) Hrært upp í tunnusýnum með borðfastri borvél. b) Vatni dælt ofan af seti í plexiglerkeri. c) Hrært upp í plexiglerkerum fyrir útfellingu sets í fyrri hluta tilraunarinnar.

4.4 MYNDATAKA

Báðar tilraunirnar voru settar upp á sama stað í kjallara VM/OS svo að mismunandi birtuskilyrði trufluðu ekki ljósmyndatöku á kerjunum, sem fram fór bæði fyrir uppdælingu og eftir blöndun. Myndir voru teknar á stafræna Kodak DC4800 myndavél, stafræna SONY P100 videovél, Konica TC myndavél á Fuji Tungsten 64 ASA litskyggnum og með Konica FT1 myndavél á Kodak 200 ASA pappírsglasi, en ekki reyndist gerlegt að nota allar myndavélarnar í hvert skipti (Tafla 2). Reynt var að hafa alla þætti, svo sem bakgrunn, hraða og ljósop, sambærilega á hverri mynd, sem tókst vel við myndatöku á litskyggnum og pappír en verr þegar myndir voru teknar á stafrænu vélarnar.

Tafla 2 Listi yfir myndavélar/filmur sem notaðar voru við ljósmyndun á tilraunasýnum.

	Fyrir virkjun	Eftir virkjun lota 1	Eftir virkjun lota 2
Tungsten litskyggna	x	x	x
Pappírsmýndir			x
Stafræn Kodak DC4800 vél	x		x
Stafræn SONY PC100 vél	x	x	x
Stafræn Mamiya 645			x

Í seinni lotu tilraunarinnar með lit Lagarfljóts eftir virkjun tók Guðmundur Jóhannesson, ljósmyndari frá Nærmynd, myndir með Mamiya 645 stafrænni myndavél með 80 mm linsu (tafla 2) til viðbótar við aðrar myndir. Teknar

voru myndir af tveimur kerjum saman, öðru með óblönduðu vatni úr Lagarfljóti en hinu með lit Lagarfljóts eftir virkjun. Við myndatökuna var þess gætt að ljósmagn væri það sama á öllum myndfletinum. Með stöðluðum litaspjöldum og sérhönnuðum hugbúnaði var þess gætt að réttur litur fengist á stafrænt form myndanna.

5 NIÐURSTÖÐUR TILRAUNA

5.1 NÚVERANDI AÐSTÆÐUR

Til þess að kanna áreiðanleika tilraunarinnar var litur Lagarfljóts við núverandi aðstæður búinn til með þeim aðferðum sem lýst er í kafla 3 og hann borinn saman við lit vatns úr Lagarfljóti.

Líkt var eftir setmyndun við núverandi aðstæður í Lagarfljóti með því að láta vatn úr Jökulsá í Fljótsdal standa í kerjum í 12, 15 og 20 klukkustundir. Svifaurstyrkur í vatninu var þá eins og sýnt er í töflu 3. Þessu vatni var síðan blandað saman við ferskvatn (hreint vatn) í hlutföllunum einn hluti vatns úr Jökulsá í Fljótsdal á móti tveimur hlutum ferskvatns. Svifaurstyrkur að lokinni blöndunni er einnig sýndur í töflu 3.

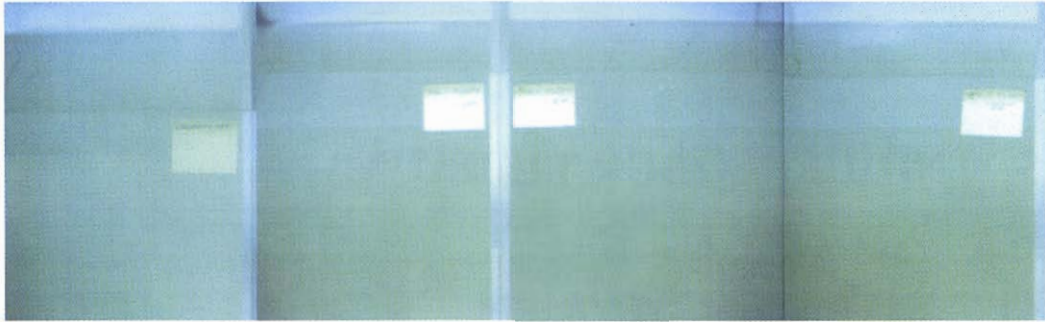
Tafla 3 Svifaurstyrkur í tilraun með núverandi lit Lagarfljóts

Sýni nr.	Settími	Svifaurstyrkur eftir setmyndun	Svifaurstyrkur eftir blöndun
1	12	239 mg/l	80 mg/l
2	15	204 mg/l	68 mg/l
3	20	108 mg/l	60 mg/l

Eins og sjá má er svifaurstyrkur í blöndunni í öllum tilvikum talsvert hærri en dæmigerður svifaurstyrkur í Lagarfljóti. Ástæðuna má rekja til þess að svifaurstyrkur í sýninu úr Jökulsá í Fljótsdal er talsvert hár og hærri en meðalstyrkur svifauris í ánni. T.d. er styrkur leirs ($D < 0.002$ mm) um 125 mg/l, en mun lengri tíma en 12-20 klst. þarf til þess að fella leir að nokkru marki úr sýninu.

Á mynd 5 er litur þessara þriggja sýna borinn saman við lit sýnis úr Lagarfljóti, þar sem svifaurstyrkur er aðeins 27 mg/l. Liturinn er mjög líkur þótt vel megi greina að litur sýnanna eftir blöndun er nokkru dekkri en litur sýnisins úr Lagarfljóti í samræmi við mismunandi svifaurstyrk í sýnunum.

Niðurstaða tilraunarinnar er því sú að með þeirri aðferðafræði sem hér er beitt fáist ágætt mat á lit Lagarfljótsins við núverandi aðstæður. Sá munur sem er á lit sýnanna eftir blöndun og lit sýnis úr Lagarfljóti skýrist af of miklum styrk svifauris í blöndunarsýnunum vegna mikils styrks í upphaflegu sýni úr Jökulsá í Fljótsdal.



Mynd 5 Litur Lagarfljóts fyrir virkjun. Lengst til hægri sýni úr Lagarfljóti, þá koma sýni úr Jökulsá í Fljótsdal sem stóðu í 12, 15 og 20 tíma fyrir blöndun við hreint vatn (tafla 3).

5.2 AÐSTÆÐUR EFTIR VIRKJUN

Til þess að líkja eftir lit Lagarfljóts eftir virkjun við Kárahnjúka var vatn úr Jökulsá á Dal látið standa í kerjum í 9-22 klst. til þess að líkja eftir setmyndun í Háslóni og þessu vatni síðan blandað saman við vatn úr Lagarfljótssýni í hlutföllunum 8 hlutar vatns úr Háslóni á móti 9 hlutum vatns úr Lagarflóti. Þessi hlutföll vatns eiga við aðstæður eftir seinni áfanga virkjunarinnar. Eftir fyrri áfanga virkjunarinnar verður um lítilla meira vatn frá Háslóni að ræða, eða u.þ.b. $90 \text{ m}^3/\text{s}$, þ.e. jafnmikið vatn og núverandi meðalrennsli til Lagarfljóts. Þessi munur á áfanga I og II er hins vegar það lítil að hann telst vera innan þeirrar nákvæmni sem aðferðafræði tilraunarinnar býður upp á.

Með því að nota sýni úr Lagarfljóti við núverandi aðstæður sem framlag Jökulsár í Fljótsdal til litar Fljótsins eftir virkjun er horft framhjá því að viðstöðutími vatns í Lagarfljóti mun minnka um u.þ.b. helming með tilkomu Kárahnjúkavirkjunar. Á móti þessu vegur að sleppt er áhrifum viðstöðutíma í Lagarfljóti á styrk svifaus í vatni frá Háslóni. Með tilliti til þess hversu stór hluti svifausins kemur frá Háslóni má gera ráð fyrir að þessi áhrif vegi hvort á móti öðru og verði ekki til að skekkja niðurstöðu tilraunarinnar, a.m.k. ekki í þá átt að gefa of lágan styrk svifaus í Lagarfljóti eftir virkjun.

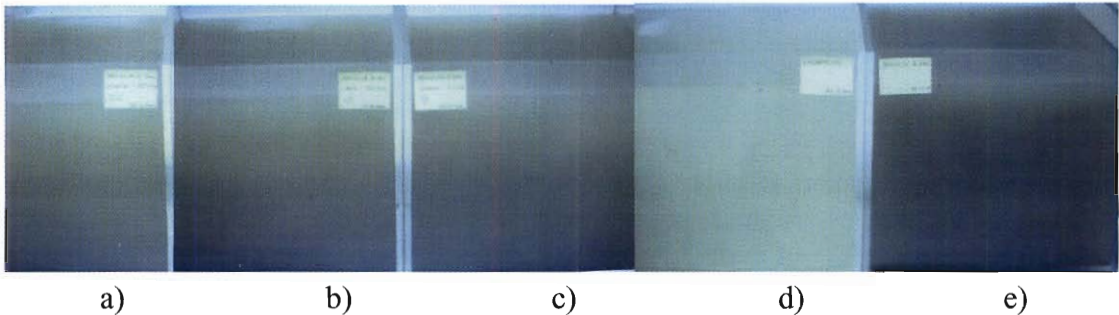
Í töflu 4 er sýndur styrkur svifaus í mismunandi blöndum vatns úr Háslóni og Lagarfljóti.

Tafla 4 Svifausstyrkur í tilraun með lit Lagarfljóts eftir virkjun

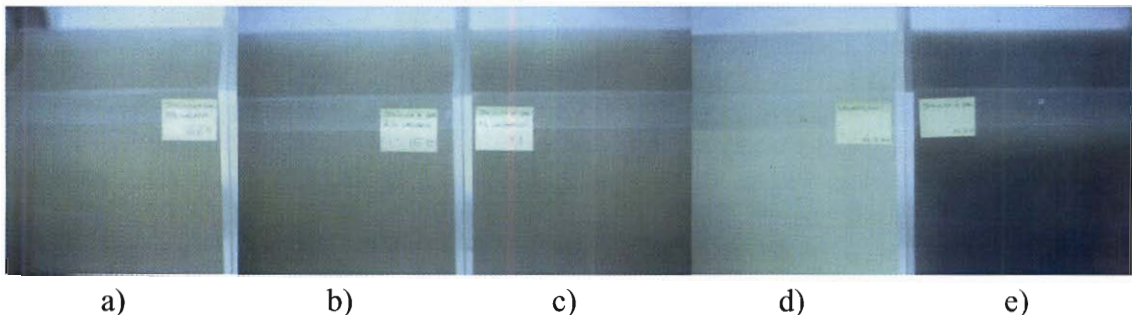
Sýni nr.	Set tími	Svifausstyrkur eftir setmyndun	Svifausstyrkur eftir blöndun
4	9	277 mg/l	144 mg/Lagarfljót
5	15	243 mg/l	129 mg/Lagarfljót
6	22	213 mg/l	115 mg/Lagarfljót

Eins og sjá má er styrkur svifaurs í tveimur síðustu blöndunum innan þess sviðs sem líklegt er að hann verði í Lagarfljóti eftir byggingu Kárahnjúkavirkjunar.

Mynd 6 sýnir öll sýnin þrjú eftir að sest hefur til í þeim, en fyrir blöndun. Á myndinni er einnig til samanburðar sýni með vatni úr Lagarfljóti og vatn úr Jökulsá á Dal sem ekki hefur sest til í. Mynd 7 sýnir sömu sýni, en eftir blöndun. Það skal tekið fram að gæta þarf varúðar við samanburð á lit sýnanna á myndunum vegna mismunandi ljósmagns á myndfletinum.

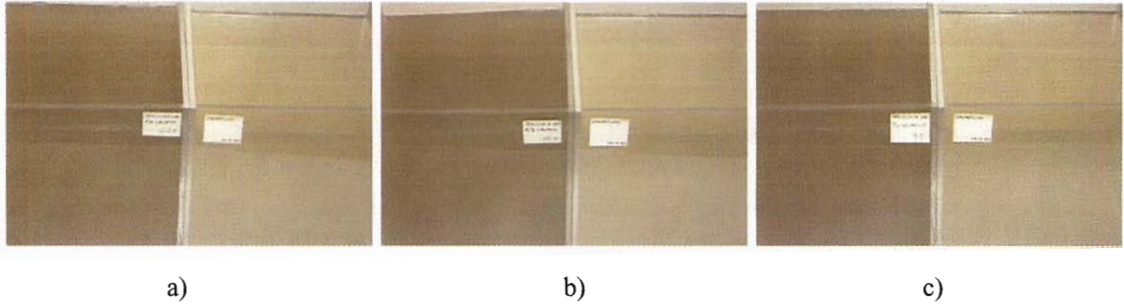


Mynd 6 Seinni hluti tilraunarinnar. Líkt er eftir lit á Háslóni. Litur vatnssýna úr Jökulsá á Dal eftir útfellingu sets en fyrir blöndun. a) eftir 22 tíma, b) eftir 15 tíma, c) eftir 9 tíma, d) Lagarfljót og e) óblönduð Jökulsá á Dal.



Mynd 7 Seinni hluti tilraunarinnar. Líkt er eftir lit á Lagarfljóti eftir virkjun. Litur vatnssýna úr Jökulsá á Dal eftir útfellingu sets og blöndun þess vatns við vatn úr Lagarfljóti. a) eftir 22 tíma, b) eftir 15 tíma, c) eftir 9 tíma, d) Lagarfljót og e) óblönduð Jökulsá á Dal.

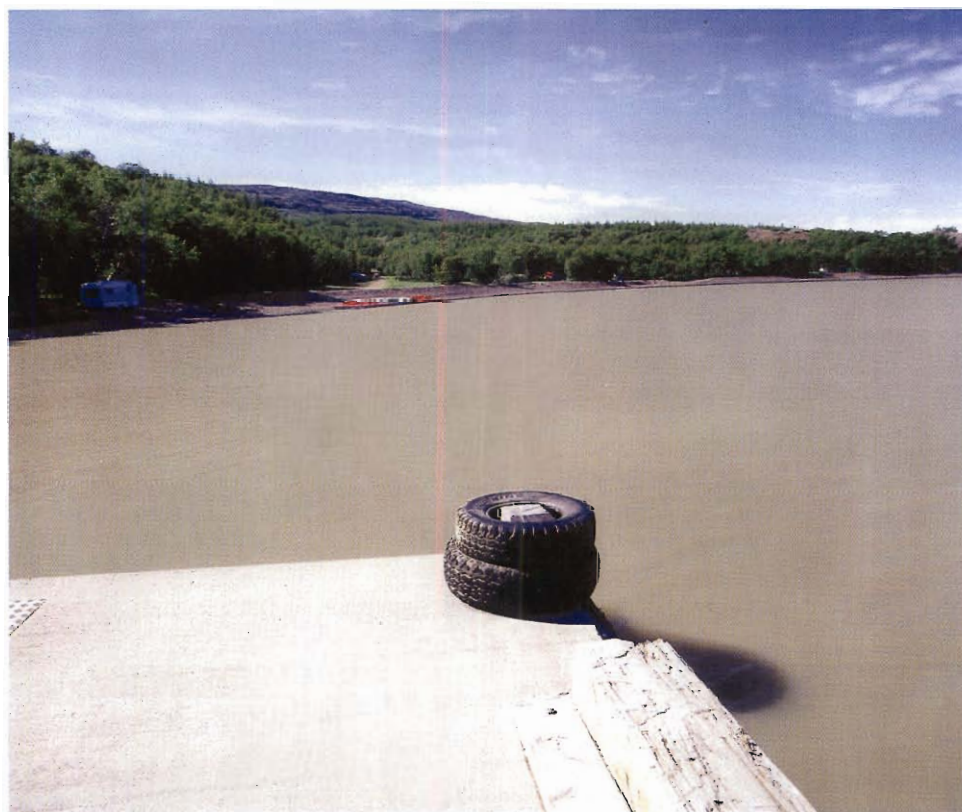
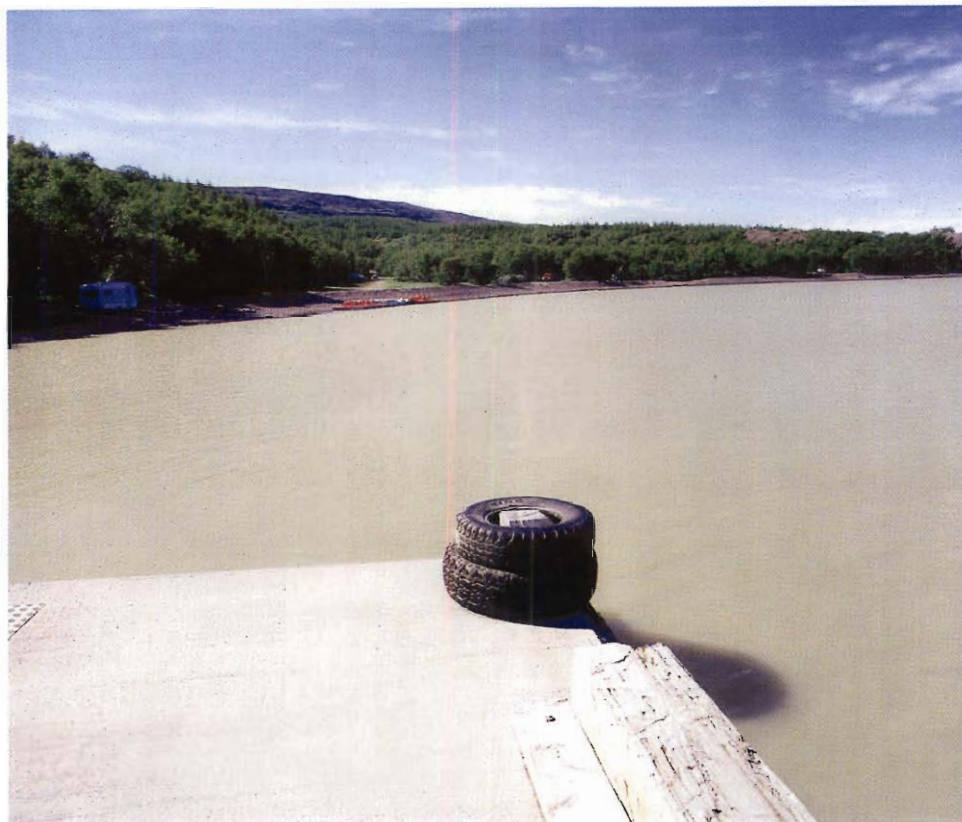
Á mynd 8 eru sýnin þrjú eftir blöndun borin saman hvert í sínu lagi við sýni úr Lagarfljóti. Þessar myndir eru teknar af Guðmundi Jóhannessyni ljósmyndara í Nærmynd með fullkominni stafrænni myndavél, þar sem þess var gætt að ljósmagn væri það sama yfir allan myndflötinn. Á myndum 8b og 8c er styrkur svifaurs í blöndunni innan þess sviðs sem hann er talinn verða í Lagarfljóti eftir virkjun og þær gefa því besta mynd af þeirri breytingu sem talin er verða á lit Fljótsins eftir virkjun.



Mynd 8 Seinni hluti tilraunarinnar. Líkt er eftir lit á Lagarfljóti eftir virkjun. Litur vatnssýna úr Jökulsá á Dal eftir útfellingu sets og blöndun þess vatns við vatn úr Lagarfljóti borin saman við lit vatns úr Lagarfljóti. a) eftir 22 tíma, b) eftir 15 tíma og c) eftir 9 tíma.

Á myndum 9a og 9b hefur litur úr tilrauninni verið settur inn á ljósmynd Hreins Magnússonar af Lagarfljóti við Atlavík til þess að gefa hugmynd um breytingu á útliti þess vegna virkjunarinnar. Þessi mynd er unnin af auglýsingarstofunni Hennar hátígn fyrir Athygli hf. Þess bera að gæta að á myndunum er litur Lagarfljótsins bæði fyrir (mynd 9a) og eftir virkjun (mynd 9b) tekinn úr tilrauninni. Ástæðan fyrir þessu er sú að niðurstaða tilraunarinnar er fyrst og fremst áreiðanleg hvað varðar hlutfallslega breytingu á lit fljótsins. Þannig fæst með samanburði myndanna raunhæft mat á breytingu á lit fljótsins vegna virkjunarinnar, þótt litur þess við núverandi aðstæður sé líklega talsvert dekkri á myndinni en flestir skynja hann.

Tilraunin bendir til þess að litur Lagarfljóts verði dekkri og brúnleitari eftir virkjun en hann er í dag. Beinn samanburður á þessum myndum eða öðrum niðurstöðum tilraunarinnar við myndir af Lagarfljóti og “raunverulegan” lit þess er þó varhugaverður þar sem ekki er hægt að búa til “raunlit” vatnins í slíkri tilraun vegna lítills rúmmáls kerjanna, en liturinn er að miklu leyti háður birtuskilyrðum úti í náttúrunni. Því ber að gæta ýtrustu varfærni við slíkan samanburð og túlkun niðurstaðna.



Mynd 9 Litur Lagarfljóts fyrir (efri mynd) og eftir (neðri mynd) virkjun. Notaðir eru þeir litir sem fengust með fyrri og seinni hluta tilraunarinnar til þess að fá sem bestan samanburð á milli myndanna.

HEIMILDASKRÁ

- Almenna Verkfræðistofan. *Veitur til Kárahnjúkavirkjunar. Mannvirki, aurburður og rof.* Janúar 2001: Reykjavík.
- Haukur Tómasson, Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1996: *Framburður svifaurs í jökulánum norðan Vatnajökuls.* Reykjavík, Orkustofnun, OS-96024/VOD-02.
- Hákon Aðalsteinsson 1976: *Lögurinn. Svifaur, gegnsæi og lífríki.* Reykjavík, Orkustofnun, OS-ROD-7609.
- Hákon Aðalsteinsson 1981: *Tengsl svifaurs og gagnsæis í jökulskotnum stöðuvötnum.* Reykjavík, Orkustofnun, OS81027/VOD12.
- Hákon Aðalsteinsson og Oddur Sigurðsson 1993: *Austurlandsvirkjun. Áhrif á framburð og strandrof við Héraðsflóa og Öxarfjörð, grugg og hitastig í Lagarfljóti, og ástand strandsjávar.* Reykjavík, Orkustofnun, OS-93070/VOD-07.
- Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1996: *Gagnasafn aurburðarmælinga 1963-1995.* Reykjavík, Orkustofnun, OS-96032/VOD-05 B.
- Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen 2001a: *Kárahnjúkavirkjun. Aurburður og setmyndun í lónum.* Reykjavík: VST, 2001-0304/02.
- Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen 2001b: *Kárahnjúkavirkjun. Áhrif á vatnafar.* Reykjavík: VST, 2000-0304/01.