

Greining á áhrifapáttum vatnshita í straumvötnum 2

Lykilsíða



Skýrsla LV nr: LV-2014-078

Dags: Ágúst 2014

Fjöldi síðna: 22

Upplag: 15

Dreifing:

- ☐ Birt á vef LV
☒ Opin
☐ Takmörkuð til

Titill: Greining á áhrifapáttum vatnshita í straumvötnum 2

Höfundar/fyrirtæki: Elín Björk Böðvarsdóttir og Hákon Aðalsteinsson

Verkefnisstjóri: Hákon Aðalsteinsson

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar: _____

Útdráttur: Sumarið 2013 var framkvæmd tölfræðileg úrvinnsla fyrir vatnshita- og rennislögögn og voru niðurstöðurnar settar fram í Greining á áhrifapáttum vatnshita í straumvötnum (LV-2013-087). Nú eru Jökulsá í Fljótsdal og Kelduá skoðaðar nánar, þar sem langar tímaraðir eru til staðar. Lenging tímaraða styrkir almennt einfalt línulegt samband vatns- og lofthita, en fjölgun útlaga veldur því að flóknari sambönd styrkjast ekki jafn mikið. Einnig er kafað dýpra í samband vatnshita og lofthita með tilliti til rennslis í ólíkum vatnsföllum. Þar kemur greinilega fram hvaða áhrif rennslisgerð hefur, og að sambandið sem fékkst í fyrri úttekt byggist aðallega á jökulám.

Lykilorð: vatnshiti, lofthiti, rennslis, straumvötn, Kelduá, Jökulsá í Fljótsdal

ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Hósti", written over a horizontal line.

EFNISYFIRLIT

1	Inngangur	1
2	Áhrif lengri tímaraða	1
2.1	Jökulsá í Fljótsdal	2
2.1.1	Niðurstöður fyrri úttektar	2
2.1.2	Notkun lengri tímaraða	2
2.1.3	Uppsetning líkans og prófun	3
2.1.4	Skipting eftir mánuðum	4
2.2	Kelduá	7
2.2.1	Niðurstöður fyrri úttektar	7
2.2.2	Notkun lengri tímaraða	7
2.2.3	Uppsetning líkans og prófun	8
2.2.4	Skipting eftir mánuðum	9
2.3	Niðurstöður	11
3	Áhrif rennslis á samband	12
3.1	Niðurstöður	12
4	Lokaorð	16
5	Þakkir	16
6	Heimildir	16

1 INNGANGUR

Sumarið 2013 var framkvæmd tölfraðileg úrvinnsla fyrir tiltæk gögn yfir vatnshita og rennslis í úrtaki straumvatna landsins. Markmið verkefnisins var að greina helstu áhrifaþætti vatnshita, og þá sér í lagi að ná fram áhrifum rennslis. Sett voru upp líkön þar sem vatnshita var lýst sem falli af lofthita og rennslis. Einnig voru sett upp líkön þar sem vatnshitinn var eingöngu tengdur lofthita, og áhrif rennslis fengin með samanburði ólíkra straumvatna. Að lokum voru sett upp líkön sem tengdu vatnshita við aðstæður daginn áður (vatnshita, lofthita og rennslis) og hægt var að nota þau til að spá fyrir um gildi vatnshita. Þessi líkön voru þó ekki hentug til að skoða hvaða ytri þættir hafa áhrif á vatnshita, því vatnshiti daginn áður var ríkjandi stiki og dró um leið úr áhrifum annarra þátta.

Alls voru notuð gögn frá 15 mælistöðum víðsvegar um landið. Aðeins voru notaðar mælingar frá maí og fram í október, þar sem sveiflur í vatnshita eru hverfandi yfir vetrartímann. Niðurstöður úrvinnslunnar voru settar fram í *Greining á áhrifaþáttum vatnshita í straumvötnum* [1]. Ýmsar áhugaverðar spurningar vöknudú meðan sú úttekt átti sér stað, sem og tillögur að áframhaldandi úrvinnslu. Nú verður annars vegar skoðað hvaða áhrif lengri gagnaraðir geta haft og hins vegar farið nánar í samband vatns- og lofthita með tilliti til rennslis í ólíkum vatnsföllum.

2 ÁHRIF LENGRI TÍMARAÐA

Í fyrri úrvinnslu spönnuðu gögn frá ólíkum mælistöðum mismörg tímabil, og réðst það yfirleitt af því hversu lengi mælingar höfðu átt sér stað í ánum. Fyrir Kelduá og Jökulsá í Fljótsdal voru þó til lengri tímaraðir fyrir vatnamælingar, en sambærileg veðurgögn voru ekki tiltæk í gagnagrunni Landsvirkjunar. Þau gögn eru nú til staðar og því hægt að meta hvaða áhrif lengri tímaraðir hafa ef litið er á niðurstöður fyrri úttektar.

Skoðaðar eru tvær veðurstöðvar, annars vegar Eyjabakkar og hins vegar við Egilsstaði. Veðurstöðvar við Egilsstaði hafa verið starfandi frá því áður en vatnamælingar hófust, fyrst sem mannaðar stöðvar en síðan tóku sjálfvirkar mælingar við. Veðurstöðin við Eyjabakka var aftur á móti ekki tekin í notkun fyrr en 1998. Notkun veðurgagna frá þeirri stöð skerðir því tímabilið sem hægt er að nota, en hitamælingar í Jökulsá í Fljótsdal hófust 1995 og í Kelduá 1996.

Auk þess að skoða stakar veðurstöðvar er einnig metið hvort möguleiki sé að ná fram auknum tengslum vatnshita og lofthita með því að nota vegið meðaltal frá fleiri en einni veðurstöð, og hvort það dugi til að bæta þau líkön sem sett voru fram í fyrri úttekt. Fyrir Kelduá er einnig skoðað hvaða áhrif það hefur að nota meðallofthita á vatnasviðinu, en þau gögn voru fengin úr líkani Veðurstofu Íslands [2]. Ekki var hægt að framkvæma sömu úrvinnslu fyrir Jökulsá í Fljótsdal, þar sem gögn úr líkaninu eru í dagsupplausn, en líkt og kom fram í fyrri úttekt er það ekki vænlegt þegar unnið er með dægursveiflu í jökulám [1].

Til að einfalda framsetningu verða notuð tiltekin númer fyrir ólíkar tegundir líkana:

- 1) Líkan sem tekur bæði tillit til lofthita og rennslis.
- 2) Líkan sem tekur eingöngu tillit til sambands vatnshita og lofthita.
- 3) Líkan fyrir samband vatnshita og lofthita með þvingun í gegnum núllpunkt.

Eftir fund með sérfræðingum á sviði tölfraði og gagnaúrvinnslu við Veðurstofu Íslands var ákveðið að bæta enn frekar við úrvinnsluna. Annars vegar fól viðbótin í sér að prófa gæði líkansins og hins vegar að skoða hvaða áhrif mismunandi tímabil sumarsins hefðu á líkanið, þar sem samband loftthita og vatnshita er breytilegt með árstíðum. Gæðaprófun líkansins fer þannig fram að gögnunum er skipt í tímabil (u.þ.b. 2:1) og er fyrra tímabilið notað í að setja upp líkan. Seinna tímabilið er síðan notað til þess að prófa líkanið, þ.e. hversu vel líkanið fellur að þeim gögnum. Til þess að skoða áhrif mismunandi tímabila yfir sumarið var gögnunum skipt í staka mánuði (maí-október) og borin saman þau líkön sem fengust.

2.1 Jökulsá í Fljótsdal

2.1.1 Niðurstöður fyrri úttektar

Notaðar voru vatnshita- og rennslismælingar frá mælistað við Hól, ásamt veðurgögnum frá Eyjabökkum með hliðrun um 6 klukkustundir. Tímabilið sem notað var náði frá 1. september 2005 til 31. desember 2008. Líkönin sem fengust voru eftirfarandi:

- 1) **$WT = 4,49 - 1,16 \cdot \log(Q) + 0,490 \cdot AT + \varepsilon$**
Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,717$.
Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,36$.
- 2) **$WT = 2,90 + 0,429 \cdot AT + \varepsilon$**
Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,701$.
Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,40$.
- 3) **$WT = 0,706 \cdot AT + \varepsilon$**
Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,726$.
Staðalfrávik restliða er $\sigma = 2,71$.

2.1.2 Notkun lengri tímaraða

Til eru samfelldar vatnshita- og rennslismælingar við Hól fyrir tímabilið 1995-2013, en notuð eru gögn til og með 2008, þar sem gangsetning Kárahnjúkavirkjunar það ár breytti eiginleikum Jökulsár í Fljótsdal. Byrjað var að skoða veðurgögn frá Eyjabökkum og í ljós kom að best var að hliðra þeim um 7 klukkustundir, en ekki 6 klukkustundir líkt og í fyrri úttekt. Þessi breyting er þó innan skekkjumarka, þar sem nánast enginn munur er í fylgni milli þessara hliðrana, hvorki nú né í fyrri úttekt. Líkönin sem fengust voru eftirfarandi:

- 1) **$WT = 3,39 - 1,07 \cdot 10^{-2} \cdot Q - 0,307 \cdot \log(Q) + 0,453 \cdot AT + \varepsilon$**
Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,656$.
Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,34$.
- 2) **$WT = 3,07 + 0,396 \cdot AT + \varepsilon$**
Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,630$.
Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,39$.
- 3) **$WT = 0,730 \cdot AT + \varepsilon$**
Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,792$.
Staðalfrávik restliða er $\sigma = 2,52$.

Niðurstöðurnar sem fást eru svipaðar og í fyrri úttekt. Helsti munur er sá að nú er stikinn Q marktækur, en áður var $\log Q$ eini marktæki stikinn sem tengdist rennsli. Þennan mun má rekja til þess að þegar meiri gögn eru tiltæk, þá verður svigrúm til þess að taka inn fleiri stika í líkanið án þess að hafa áhrif á gæði þess. Líkön (1) og (2) útskýra lægra hlutfall en í fyrri úttekt, en frávikið hefur einnig lækkað og því telst ekki vera marktækur munur á gæðum líkansins. Líkan (3) sker sig úr, en það gefur töluvert betri nálgun en í fyrri úttekt, bæði ef litið er á útskýringu og frávik.

Skoðað var hvaða áhrif það hefði að nota veðurgögn frá Egilsstöðum, en besta hliðrun er 6 klukkustundir. Ef eingöngu er litið á fylgni vatnshita og lofthita var niðurstaðan áberandi verri, eða um 5% lægri fylgni. Það voru því ekki útfærð líkön fyrir þau veðurgögn, þar sem þau myndu nálgna gögnin verr heldur en þau líkön sem áður hafa verið sett fram.

Að lokum var athugað hvaða áhrif það hefði að nýta veðurgögn frá bæði Eyjabökkum og Egilsstöðum. Sett var upp vegið meðaltal lofthita fyrir hlutföllin 1:1, 2:1 og 3:1 (Eyjabakkar:Egilsstaðir). Munur á fylgni vatnshita og lofthita er ómarktækur, eða um 2% lækkun ef veðurgögn frá Eyjabökkum og Egilsstöðum eru notuð í jöfnum hlutföllum, samanborið við að nota eingöngu gögn frá Eyjabökkum. Því voru sett upp eftirfarandi líkön til að meta hversu góð nálgun fengist:

$$1) \quad WT = 1,35 - 1,73 \cdot 10^{-2} \cdot Q + 1,00 \cdot \log(Q) + 0,415 \cdot AT + \epsilon$$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,614$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,43$.

$$2) \quad WT = 2,24 + 0,383 \cdot AT + \epsilon$$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,596$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,47$.

$$3) \quad WT = 0,603 \cdot AT + \epsilon$$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,880$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,91$.

Líkön (1) og (2) útskýra lægra hlutfall en áður, líkt og lækkuð fylgni gat bent til. Aftur á móti er líkan (3) töluvert betra en það sem hefur áður fengist, bæði ef litið er á útskýringu og frávik. Helsti munurinn á þessum líkönum og þeim sem voru sett fram áður er að nú er notast við lengra tímabil, þ.e. allt frá árinu 1995. Þetta bendir til þess að líkan (3) batni eftir því sem lengra tímabil er notað, þ.e. að eftir því sem meiri gögn eru tekin inn virðast þau falla betur að beinni línu.

2.1.3 Uppsetning líkans og prófun

Notuð voru árin 1998-2004 (7 sumur) til að setja upp líkön byggð á veðurgögnum við Eyjabakka. Þau líkön voru síðan prófuð með tímabilinu 2005-2008 (4 sumur). Líkönin sem fást eru nokkuð sambærileg þeim sem fengust þegar allt tímabilið var notað sem uppsetningartímabil:

$$1) \quad WT = 3,04 - 1,44 \cdot 10^{-2} \cdot Q + 0,165 \cdot \log(Q) + 0,437 \cdot AT + \epsilon$$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,638$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,38$.

95% prófunargagna lenda innan $2,89^\circ\text{C}$ frá réttu gildi.

2) $WT = 3,04 + 0,395 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,614$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,43$.

95% prófunargagna lenda inn 2,85 °C frá réttu gildi.

3) $WT = 0,727 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,802$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 2,48$.

95% prófunargagna lenda inn 5,25 °C frá réttu gildi.

Skoðað var hvaða áhrif það hefði að nota árin 1995-1997 með veðurgögnum frá Egilsstöðum. Það bjagaði líkanið og olli, líkt og við var að búast, töluvert verri niðurstöðum, þar sem prófunartímabilið byggir á veðurgögnum við Eyjabakka. Hvort sem notuð voru veðurgögn frá Egilsstöðum fyrir bæði tímabilin, eða vegið meðaltal Egilsstaða og Eyjabakka fengust einnig verri niðurstöður.

2.1.4 Skipting eftir mánuðum

Sömu uppsetningar- (1998-2004) og prófunartímabil (2005-2008) eru notuð, en nú er gögnunum skipt upp og sett fram líkön fyrir hvern og einn mánuð. Niðurstöðurnar eru eftirfarandi:

Mái

1) $WT = 3,35 - 4,96 \cdot 10^{-2} \cdot Q + 0,947 \cdot \log(Q) + 0,514 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,637$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,38$.

95% prófunargagna lenda innan 2,73 °C frá réttu gildi.

2) $WT = 2,89 + 0,358 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,430$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,73$.

95% prófunargagna lenda inn 3,34 °C frá réttu gildi.

3) $WT = 0,567 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,376$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 3,23$.

95% prófunargagna lenda inn 6,03 °C frá réttu gildi.

Júní

1) $WT = 6,92 - 2,83 \cdot 10^{-2} \cdot Q + 0,987 \cdot \log(Q) + 0,504 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,630$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,21$.

95% prófunargagna lenda innan 3,03 °C frá réttu gildi.

2) $WT = 4,28 + 0,367 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,424$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,51$.

95% prófunargagna lenda inn 2,98 °C frá réttu gildi.

3) **$WT = 0,953 \cdot AT + \varepsilon$**

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,771$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 3,01$.

95% prófunargagna lenda inn 5,19 °C frá réttu gildi.

Júlí

1) **$WT = 8,75 - 3,05 \cdot \log(Q) + 0,443 \cdot AT + \varepsilon$**

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,661$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,10$.

95% prófunargagna lenda innan 2,53 °C frá réttu gildi.

2) **$WT = 3,46 + 0,399 \cdot AT + \varepsilon$**

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,629$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,15$.

95% prófunargagna lenda inn 2,44 °C frá réttu gildi.

3) **$WT = 0,761 \cdot AT + \varepsilon$**

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,923$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,89$.

95% prófunargagna lenda inn 3,34 °C frá réttu gildi.

Ágúst

1) **$WT = 6,45 - 2,02 \cdot \log(Q) + 0,390 \cdot AT + \varepsilon$**

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,630$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,01$.

95% prófunargagna lenda innan 1,83 °C frá réttu gildi.

2) **$WT = 3,02 + 0,355 \cdot AT + \varepsilon$**

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,604$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,04$.

95% prófunargagna lenda inn 1,91 °C frá réttu gildi.

3) **$WT = 0,667 \cdot AT + \varepsilon$**

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,930$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,62$.

95% prófunargagna lenda inn 3,30 °C frá réttu gildi.

September

1) **$WT = -0,9435 - 1,26 \cdot 10^{-2} \cdot Q + 2,66 \cdot \log(Q) + 0,309 \cdot AT + \varepsilon$**

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,752$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 0,818$.

95% prófunargagna lenda innan 2,09 °C frá réttu gildi.

2) **$WT = 2,57 + 0,363 \cdot AT + \varepsilon$**

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,726$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 0,860$.

95% prófunargagna lenda inn 1,88 °C frá réttu gildi.

3) **$WT = 0,695 \cdot AT + \epsilon$**

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,814$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,92$.

95% prófunargagna lenda inn 4,62 °C frá réttu gildi.

Október

1) **$WT = 1,14 + 0,623 \cdot \log(Q) + 0,322 \cdot AT + \epsilon$**

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,734$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 0,930$.

95% prófunargagna lenda innan 2,73 °C frá réttu gildi.

2) **$WT = 2,03 + 0,365 \cdot AT + \epsilon$**

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,722$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 0,949$.

95% prófunargagna lenda inn 2,05 °C frá réttu gildi.

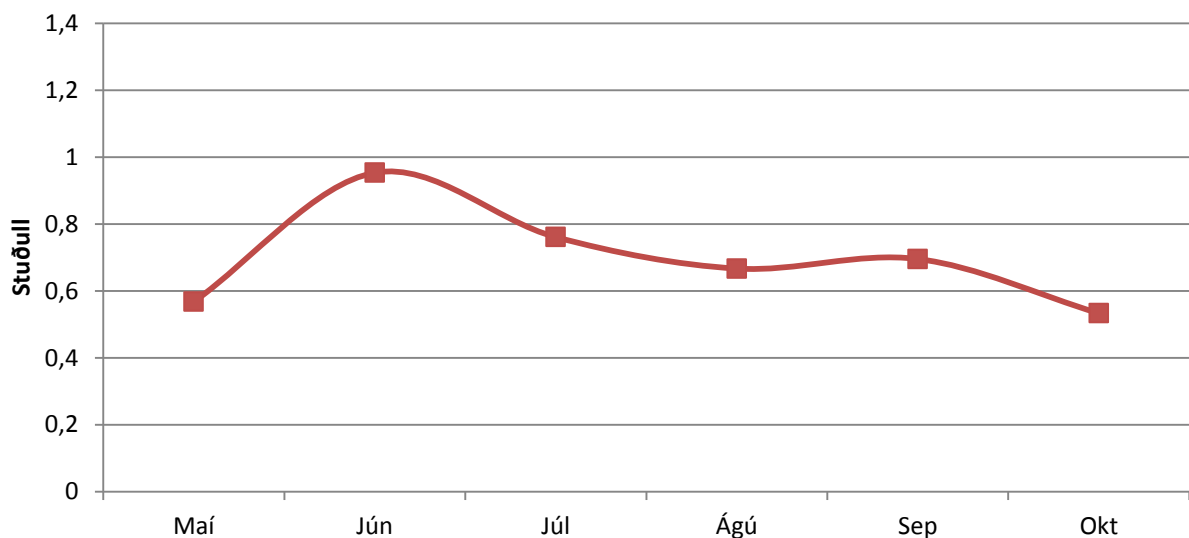
3) **$WT = 0,533 \cdot AT + \epsilon$**

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,566$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 2,11$.

95% prófunargagna lenda inn 4,32 °C frá réttu gildi.

Til þess að auðvelda skilning á nákvæmni líkananna voru sett upp gröf sem sýna sambandið skv. líkönum (2) og (3) auk allra mælipunkta sem líkönin byggja á, sem sjá má í viðauka 1. Áberandi er að verstar niðurstöður fást í maí og júní, þegar snjóbráð er mikil og vaxandi lofthiti nær því ekki að hafa veruleg áhrif á vatnshitann. Þetta sést greinilega á líkönum (2) og (3) í maí og líkani (3) í júní. Örar sveiflur í lofthita yfir hásumarið valda mikilli skekkju í spáðu gildi vatnshita líkt og í fyrri úttekt [1]. Þetta virðist þó ekki hafa áhrif í líkani (3), en það hefur áberandi háa útskýringu fyrir júlí og ágúst. Bestu niðurstöðurnar fyrir líkan (1) fást aftur á móti í september og október, þegar farið er að kólna og sveiflur eru ekki jafn ýktar og yfir hásumarið. Skoðað var hvaða áhrif það hefði að taka saman þá mánuði þar sem líkön voru svipuð, en niðurstaðan varð almennt verri.



Mynd 1. Samband vatnshita í Jökulsá í Fljótsdal og lofthita við Eyjabakka skipt eftir mánuðum skv. líkani (3).

Til að skoða nánar hvernig samband vatnshita og lofthita þróast yfir sumarið var settur upp samanburður á stuðli í líkani (3), sem sjá má á mynd 1. Stuðullinn stendur fyrir hlutfall vatnshita af lofthita og er samanburðurinn sambærilegur þeim sem settur var upp á grafi 19 í fyrri úttekt [1]. Einhver sveifla er á stuðlinum, en hún virðist þó ekki tengd árstíðasveiflu hita.

2.2 Kelduá

2.2.1 Niðurstöður fyrri úttektar

Notaðar voru vatnshita- og rennslismælingar frá mælistað við Kiðafellstungu, ásamt veðurgögnum frá Eyjabökkum með hliðrun um einn dag. Einnig var athugað hvort hentugra væri að nota veðurgögn frá Egilsstöðum, en metið að svo væri ekki. Tímabil mælinga náði frá 1. maí 2006 til 30. ágúst 2009. Líkönin sem fengust voru eftirfarandi:

$$1) \quad WT = 4,01 - 0,104 \cdot Q + 5,64 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 + 0,753 \cdot AT + \varepsilon$$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,826$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,40$.

$$2) \quad WT = 2,58 + 0,681 \cdot AT + \varepsilon$$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,688$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,87$.

$$3) \quad WT = 0,996 \cdot AT + \varepsilon$$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,848$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 2,55$.

2.2.2 Notkun lengri tímaraða

Ekki eru til samfelldar mælingar við einn mælistað í Kelduá, en með því að styðjast við fjóra ólíka mælistaði er hægt að fá tímaröð sem spannar hátt í 15 ár, þó sundurslitið. Fyrsta tímabilið er 1996-2002 (án 2001), en þá er notaður vatnshiti við Klúku og rennsli við Kiðafellstungu. Annað tímabilið er 2005-2009, en þá er vatnshiti og rennsli frá Kiðafellstungu notað (sambærilegt og í fyrri úttekt [1]). Síðasta tímabilið er 2009-2013, en þá er notaður vatnshiti við Víðivelli og rennsli í Fellsá, þar sem það er keimlíkt rennsli í Kelduá. Aðeins einn rennslismælir er í Kelduá á síðasta tímabilinu, við Folavatn, sem er ofarlega og gefur því ekki góða mynd af rennslinu eftir að þverár hafa runnið í ána. Þetta hefur eingöngu áhrif á líkan (1), þar sem það er eina líkanið sem hefur rennsli sem inntaksstika.

Byrjað var að skoða veðurgögn frá Eyjabökkum og kom í ljós að betri niðurstaða fengist ef hliðrun veðurgagna væri sleppt, ólíkt því sem fékkst í fyrri úttekt. Líkönin sem fengust voru eftirfarandi:

$$1) \quad WT = 4,63 - 0,119 \cdot Q + 7,21 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 + 0,731 \cdot AT + \varepsilon$$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,809$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,49$.

$$2) \quad WT = 3,24 + 0,673 \cdot AT + \varepsilon$$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,660$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,99$.

3) $WT = 1,07 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,815$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 3,01$.

Þrátt fyrir að líkönin væru svipuð og í fyrri úttekt, þá nálgast þau gögnin almennt verr, þ.e. þau útskýra lægra hlutfall af sveiflum vatnshita auk þess sem frávikið er hærra. Líklega má að einhverju leyti rekja það til ólíkra mælistaða, sem og ólíkrar samsetningar mælistaða á vatnshita og rennsli. Frávikið verður því almennt meira, auk þess sem útlagarnir verða ýktari.

Líkt og í fyrri úttekt var skoðað hvaða áhrif það hefði að nota veðurgögn frá Egilsstöðum. Ef eingöngu er litið á fylgni vatnshita og lofthita var niðurstaðan áberandi verri, eða um 8% lægri fylgni. Það voru því ekki útfærð líkön fyrir þau veðurgögn, þar sem þau myndu nálgast gögnin verr heldur en þau líkön sem sett hafa verið fram.

Einnig var athugað hvaða áhrif það hefði að nýta veðurgögn frá bæði Eyjabökkum og Egilsstöðum. Sett var upp vegið meðaltal lofthita fyrir hlutföllin 1:1, 2:1 og 3:1 (Eyjabakkar:Egilsstaðir). Ef litið er á fylgni vatnshita og lofthita sést að gögnin frá Egilsstöðum valda lækkingun um 4%, miðað við að nota eingöngu Eyjabakka.

Að lokum var skoðað hvaða áhrif það hefði að nota meðalhita á vatnasviðinu. Það gaf örlítið lægri útskýringu og hærra staðalfrávik, en hafa verður í huga að árunum 2011-2013 var sleppt þar sem líkan Veðurstofunnar nær aðeins til og með 2010. Það var því ákveðið að nota eingöngu gögn frá Eyjabökkum, líkt og gert hefur verið, til þess að skerða ekki tímabilið.

2.2.3 Uppsetning líkans og prófun

Notuð voru árin 1998-2009 (án 2001 og 2003-2004) (samtals 8 sumur) til að setja upp líkön byggð á veðurgögnum við Eyjabakka. Þau líkön voru síðan prófuð með tímabilinu 2009-2013 (5 sumur). Þar sem komið hafði í ljós að áberandi verri niðurstöður fengust ef gögn frá Egilsstöðum voru notuð var það ekki skoðað sérstaklega fyrir þetta tilfelli.

Líkönin eru nokkuð sambærileg þeim sem fengust þegar allt tímabilið var notað sem uppsetningar-tímabil:

1) $WT = 4,46 - 9,94 \cdot 10^{-2} \cdot Q + 5,25 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 + 0,736 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,815$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,48$.

95% prófunargagna lenda innan 3,00 °C frá réttu gildi.

2) $WT = 2,90 + 0,691 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,670$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,98$.

95% prófunargagna lenda inn 3,82 °C frá réttu gildi.

3) $WT = 1,05 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,840$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 2,77$.

95% prófunargagna lenda inn 6,03 °C frá réttu gildi.

2.2.4 Skipting eftir mánuðum

Sömu uppsetningar- (1998-2008, án 2001 og 2003-2004) og prófunartímabil (2009-2013) eru notuð, en nú er gögnunum skipt upp og sett fram líkön fyrir hvern og einn mánuð. Niðurstöðurnar eru eftirfarandi:

Mái

1) $WT = 3,27 - 4,64 \cdot 10^{-2} \cdot Q + 2,54 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 + 0,293 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,571$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 0,724$.

95% prófunargagna lenda innan 2,18 °C frá réttu gildi.

2) $WT = 2,38 + 0,173 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,278$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 0,939$.

95% prófunargagna lenda inn 3,08 °C frá réttu gildi.

3) $WT = 0,390 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,242$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 2,44$.

95% prófunargagna lenda inn 5,48 °C frá réttu gildi.

Júní

1) $WT = 5,02 - 6,73 \cdot 10^{-2} \cdot Q + 2,37 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 + 0,451 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,631$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,01$.

95% prófunargagna lenda innan 2,35 °C frá réttu gildi.

2) $WT = 3,31 + 0,311 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,279$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,41$.

95% prófunargagna lenda inn 3,88 °C frá réttu gildi.

3) $WT = 0,819 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,816$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 2,19$.

95% prófunargagna lenda inn 5,77 °C frá réttu gildi.

Júlí

1) $WT = 6,44 - 0,113 \cdot Q + 6,87 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 + 0,585 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,816$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 0,878$.

95% prófunargagna lenda innan 2,64 °C frá réttu gildi.

2) $WT = 4,49 + 0,591 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,579$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,33$.

95% prófunargagna lenda inn 3,22 °C frá réttu gildi.

3) $WT = 1,11 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,956$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,96$.

95% prófunargagna lenda inn 6,24 °C frá réttu gildi.

Ágúst

1) $WT = 6,32 - 0,182 \cdot Q + 4,52 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2 + 0,623 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,559$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,37$.

95% prófunargagna lenda innan 2,17 °C frá réttu gildi.

2) $WT = 5,32 + 0,614 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,525$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,42$.

95% prófunargagna lenda inn 2,46 °C frá réttu gildi.

3) $WT = 1,26 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,954$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 2,18$.

95% prófunargagna lenda inn 4,89 °C frá réttu gildi.

September

1) Q og Q^2 eru ómarktækir stikar og líkanið verður því það sama og líkan (2).

2) $WT = 3,66 + 0,563 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,652$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,38$.

95% prófunargagna lenda inn ,682 °C frá réttu gildi.

3) $WT = 1,11 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,773$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 2,89$.

95% prófunargagna lenda inn 5,65 °C frá réttu gildi.

Október

1) Q og Q^2 eru ómarktækir stikar og líkanið verður því það sama og líkan (2).

2) $WT = 2,16 + 0,361 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,628$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 1,02$.

95% prófunargagna lenda inn 2,61 °C frá réttu gildi.

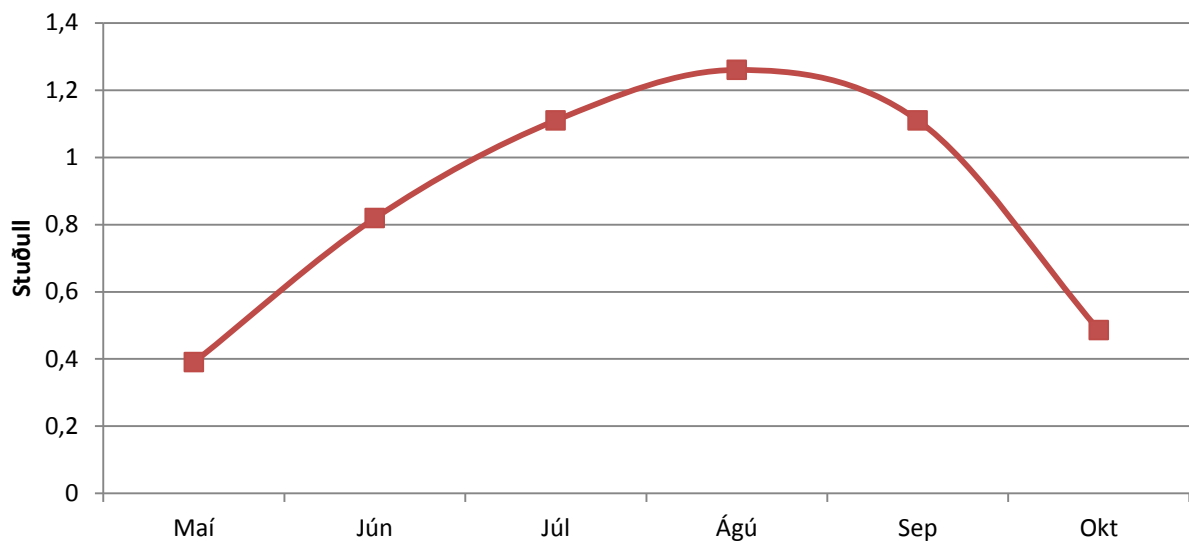
3) $WT = 0,486 \cdot AT + \varepsilon$

Leiðréttur útskýringarstuðull líkansins er $R_{adj}^2 = 0,324$.

Staðalfrávik restliða er $\sigma = 2,37$.

95% prófunargagna lenda inn 4,47 °C frá réttu gildi.

Ef litið er á gæði líkananna eru niðurstöðurnar svipaðar og fyrir Jökulsá í Fljótsdal. Líkön (2) og (3) í maí og líkan (2) í júní eru áberandi verst líkt og fyrir jökulána, en líkan (3) í október bætist í þann hóp. Þetta má sjá á gröfum í viðauka 1, sem sýna sambandið skv. líkönum (2) og (3) auk allra mælipunkta sem líkönin byggja á. Líkt og áður eru það líkön (3) í júlí og ágúst sem hafa áberandi háa útskýringu. Þó er skekkja í spáðu gildi vatnshita há vegna mikilla sveiflna í lofthita, sem er í samræmi við niðurstöður fyrri úttektar og fyrir Jökulsá í Fljótsdal. Þennan þátt er hægt að bæta með því að notast við spálíkön sem byggja á aðstæðum degi fyrir, líkt og gert var í fyrri úttekt [1].



Mynd 2. Samband vatnshita í Kelduá og lofthita við Eyjabakka skipt eftir mánuðum skv. líkani (3).

Til að skoða nánar hvernig samband vatnshita og lofthita þróast yfir sumarið var settur upp samanburður á stuðli í líkani (3), sem sjá má á mynd 2 (sbr. mynd 1 fyrir Jökulsá í Fljótsdal). Áberandi er að stuðullinn sveiflast í samræmi við árstíðarsveiflu í vatnshita, sem nær hæsta gildi í ágúst.

2.3 Niðurstöður

Þar sem gögn úr Kelduá koma frá ólíkum mælistöðum er samanburður við fyrri úttekt varasamur og taka ber niðurstöðum nú með fyrirvara. Ekki er hægt að meta hvaða áhrif lengri tímaröð hefði haft ef öll gögn hefðu komið frá sama mælistaðnum, t.d. Kiðafellstungu sem var notaður í fyrri úttekt. Þær niðurstöður sem settar voru fram hér að ofan varðandi lengingu tímaraða í Kelduá er því e.t.v. ekki í samræmi við það sem gerist almennt þegar tímaröð er lengd.

Niðurstöður fyrir Jökulsá í Fljótsdal má að öllum líkindum heima á aðrar ár. Lenging tímaraðar veldur því að gögnin falla betur að línulegu samband vatnshita og lofthita, og líkan (3) gefur sífellt betri niðurstöðu. Aftur á móti versnar nálgun líkana (1) og (2). Það má m.a. rekja til úrkomu sem hefur mikil tímabundin áhrif á rennsli, og getur því haft neikvæð áhrif á nákvæmni líkansins. Þetta veldur fleiri og stærri frávikum frá líkaninu. Þessi áhrif virðast þó jafnast út þegar notað er jafn einfalt samband eins og bein lína í gegnum núllpunkt.

Þegar litið er á skiptingu gagna eftir mánuðum fást keimlíkar niðurstöður þegar kemur að gæðum líkananna. Líkt og sjá má á gröfum í viðauka 1 byggja líkön fyrir Jökulsá í Fljótsdal á meiri gögnum heldur en líkön fyrir Kelduá, þar sem hærri upplausn er notuð (klukkustundargildi fyrir jökulár en

dagsgildi fyrir dragár [1]). Þetta veldur því að Jökulsá í Fljótsdal spannar almennt breiðara svið en Kelduá, bæði þegar litið er á vatns- og lofthita. Einstaka sveiflur jafnast út þegar dagsmeðaltal er notað og gildin verða því þéttari um meðaltal.

Þegar skoðuð er árssveifla stika (sbr. myndir 1-2) er áberandi munur á ánum. Í Kelduá er árssveiflan sambærileg því sem sést fyrir vatnshita, þ.e. hækkar jafnt og þétt frá maí, nær hámarki í ágúst og lækkar síðan ansi skarpt aftur. Ef litið er á Jökulána er sveiflan aftur á móti önnur. Sambærileg hækkun á sér stað milli maí og júní, en eftir það verður sveiflan minni og ekki tengd sveiflu í hita. Þennan mun má e.t.v. rekja til ólíkra eiginleika ána, en Kelduá er hrein dragá á meðan að jökulvatn er ríkjandi í Jökulsá í Fljótsdal.

3 ÁHRIF RENNSLIS Á SAMBAND

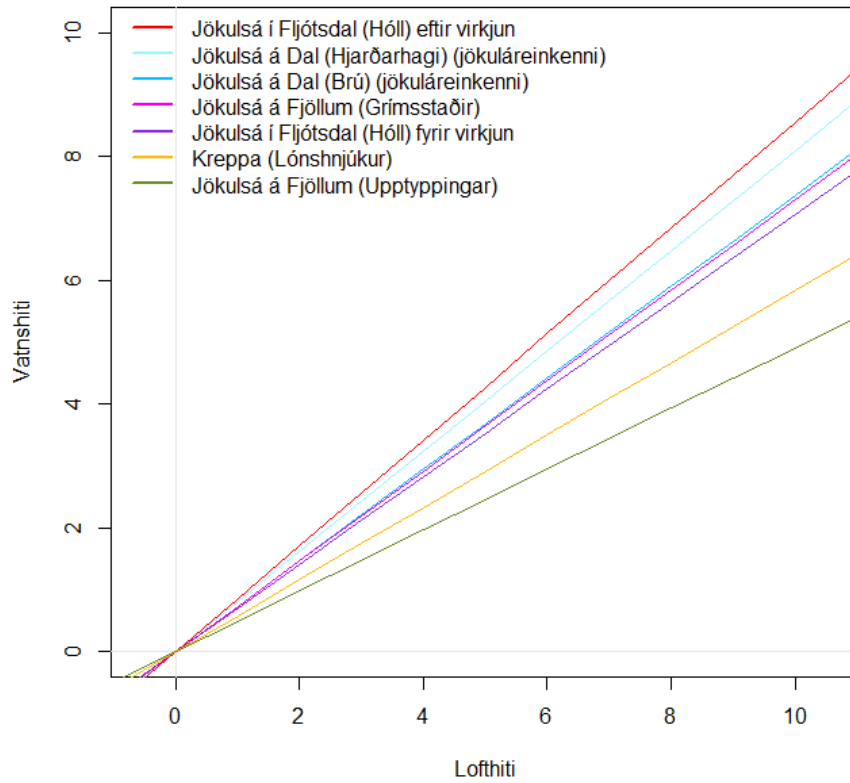
Samanburðurinn sem gerður var í fyrri úttekt byggði á ólíkum ám, og í lokaúrvinnslu var þeim ekki haldið aðgreindum eftir upptökum eða tegund vatnsins. Því var ákveðið að endurtaka samanburðinn fyrir sambærileg straumvötn, og þeim skipt í þrjá flokka eftir rennsli og eiginleikum: Jökulár, ár með háan grunnvatnspátt og dragár. Á næstu síðum eru sett fram gröf (myndir 3-8) fyrir þessa flokka sem samsvara gröfum 19 (bls 44) og 22 (bls 46) í fyrri úttekt [1]. Þar sem mikill munur er á rennsli milli þessara flokka er skalinn fyrir meðalrennsli ólíkur á gröfunum sem sýna *Samband vatnshita og lofthita m.t.t. meðalrennslis*.

Jökulsá á Dal er veitt til Fljótsdalsstöðvar um miðlun í Hálslóni. Þangað fer allt jökulvatn árinna og nánast ekkert annað. Eftir er afrennsli sem hefur öll einkenni dragáa. Þegar áin fer á yfirfall breytist hún aftur í jökulá. Við greiningu á tengslum vatnshita og lofthita var reynt að skilja á milli þegar áin hegðaði sér sem dragá eða jökulá (sjá kafla 5.5, bls. 14 í fyrri úttekt [1]) og var miðað við, að þegar rennsli fór yfir 150 m³/s við Hjarðarhaga hafi jökuláin tekið dragána yfir. Samsvarandi mörk voru sett 120 m³/s við Brú.

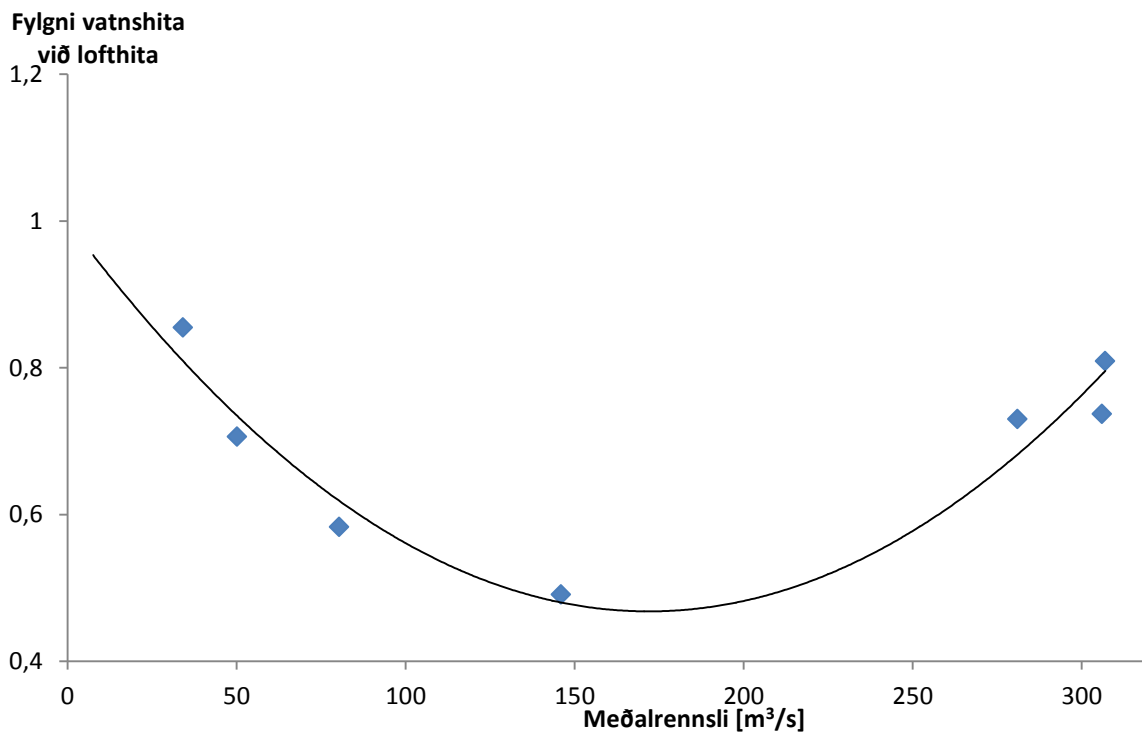
3.1 Niðurstöður

Það er greinilegt að sambandið sem fékkst í fyrri úttekt byggir fyrst og fremst á jökulám, og lýsir þeim vel. Þegar kemur að ám með háan grunnvatnspátt er lítið hægt að fullyrða, þar sem aðeins tvær slíkar ár voru í úrtakinu.

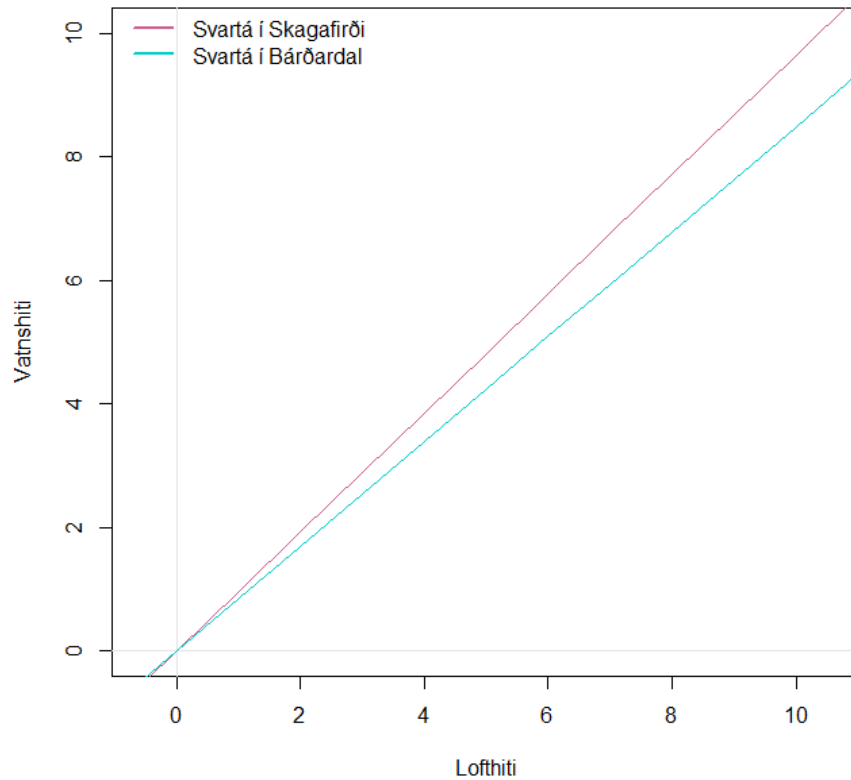
Fyrir dragárnar myndast greinileg þyrping sem samanstendur af ám með meðalrennsli undir 25 m/s (að frátalinni Stóru-Laxá sem rætt var um sérstaklega í fyrri úttekt [1]). Einn mælir sker sig úr en það er gróflega áætlað meðalrennsli Jökulsár á Dal við Hjarðarhaga miðað við dragáreinkenni. Líkt og áður sagði byggði skiptingin á meðalrennsli og liggja engar rannsóknir að baki því hversu nákvæm skiptingin er. Ef til vill er hægt að bæta skiptinguna með því að skoða einnig þær dagsetningar þegar Hálslón fer á yfirfall og ákvarða þannig það tímabil sem áin hegðar sér sem jökulá.



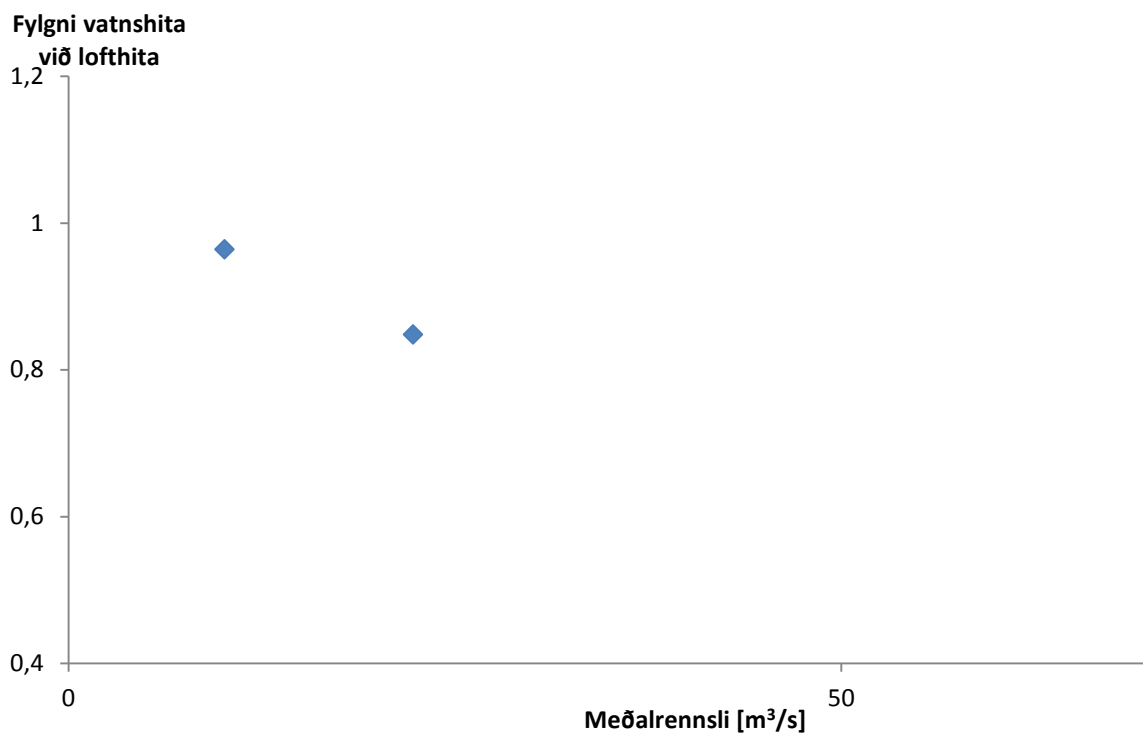
Mynd 3. Samband vatnshita við lofthita fyrir jökulár.



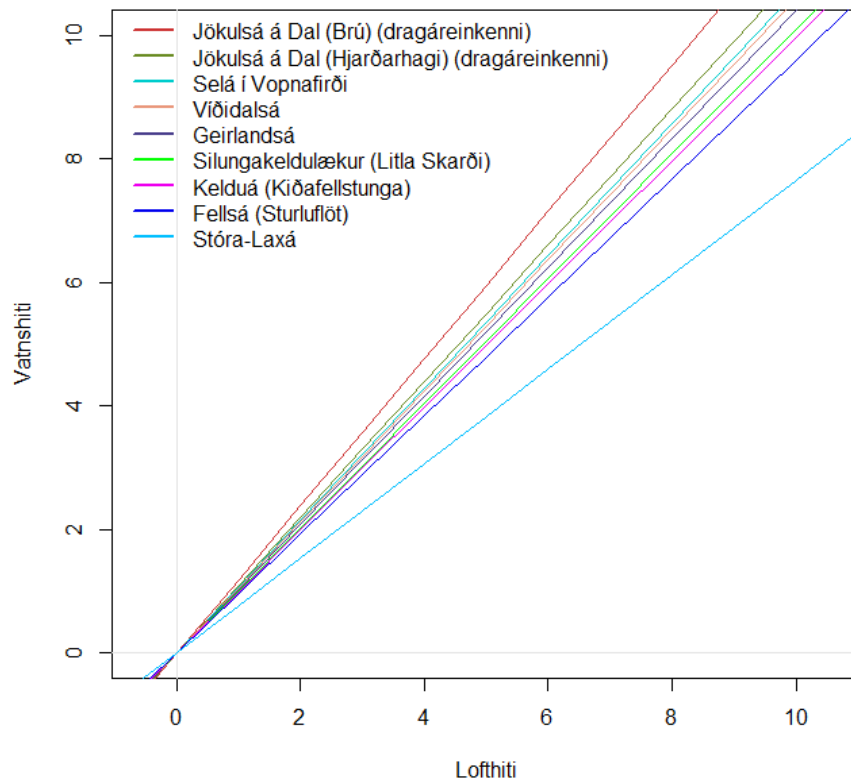
Mynd 4. Samband vatnshita við lofthita fyrir jökulár með tilliti til rennslis.



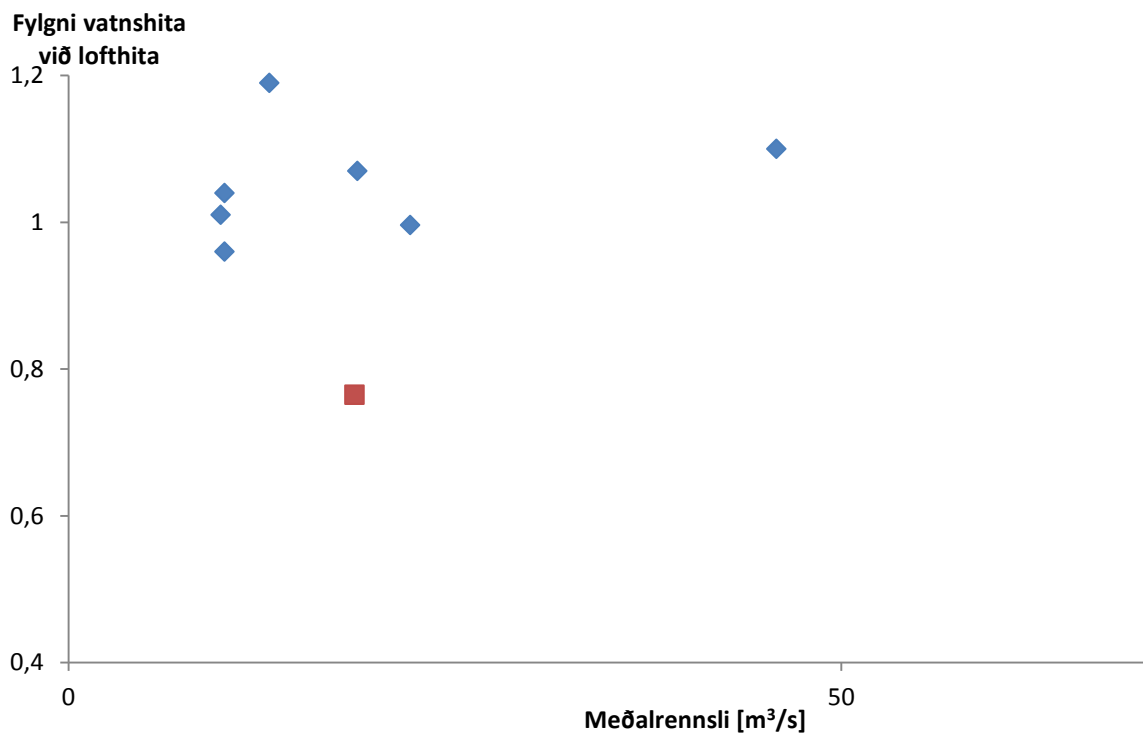
Mynd 5. Samband vatnshita við lofthita fyrir ár með háan grunnvatnspátt.



Mynd 6. Samband vatnshita við lofthita fyrir ár með háan grunnvatnspátt með tilliti til rennslis.



Mynd 7. Samband vatnshita við lofthita fyrir dragár.



Mynd 8. Samband vatnshita við lofthita fyrir dragár með tilliti til rennslis.

4 LOKAORÐ

Þrátt fyrir að þessi úrvinnsla hafi bætt ýmsu við fyrri úttekt, er enn ýmislegt sem vert er að kanna. Greinilegt er að rennslisgerðin skiptir miklu máli, bæði þegar horft er á ákveðin tímabil sumarsins og þegar átt er skipt í flokka eftir eiginleikum. Við erum þó engu nær því að meta hvaða hlutverk rennsli spilar í sambandi vatnshita og lofthita, nema fyrir jökulár. Þetta er að mestu vegna þess að rennslisgögn úr dragám, lindám og grunnvatnsám hafa ekki nægilega breidd til þess að áhrif rennslis verði merkjanleg.

Hægt er að kafa enn dýpra og skoða rennsli með hliðsjón af upptökum, þ.e. snjóbráð, úrkoma, jökulbráð o.s.frv. Slíka úrvinnslu væri hægt að útfæra á einfaldan hátt, þar sem rennslishegðun yrði borin saman við veðurfar. Einnig væri möguleiki að notast við rennslisskiptingu úr WASIM, afrennslislíkani sem Veðurstofa Íslands hefur unnið með. Sem framhald væri hægt að skoða möguleika á því að yfirfæra líkan á hverja á í heild sinni, í stað þess að meta eingöngu aðstæður við ákveðinn mælistað. Það er þó töluvert flóknari útfærsla og þyrfti meðal annars að byggja á upplýsingum um rennsli úr WASIM líkani. Þá vakna einnig spurningar um hvaða lofthita skuli nota og hvort ekki sé nauðsynlegt að byggja á vatnshitagögnum frá fleiri en einum mælistað í ánum.

5 ÞAKKIR

Sérstakar þakkir fara til starfsfólks Veðurstofunnar fyrir góð ráð og áhugaverðar vangaveltur.

6 HEIMILDIR

[1] Elín Björk Böðvarsdóttir 2013. *Greining á áhrifabáttum vatnshita í straumvötnum*. Landsvirkjun. LV-2013-087.

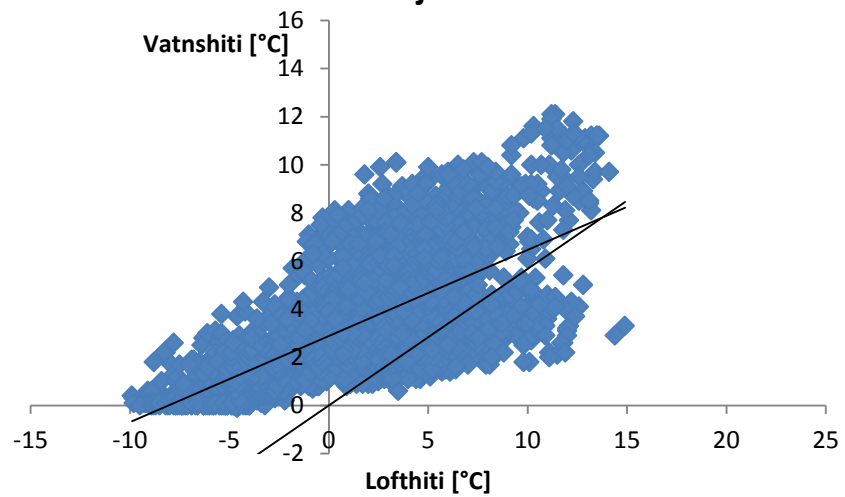
[2] Philippe Crochet, Tómas Jóhannesson 2011. *A data set of gridded daily temperature in Iceland, 1949-2010*. Veðurstofa Íslands.

Viðauki 1

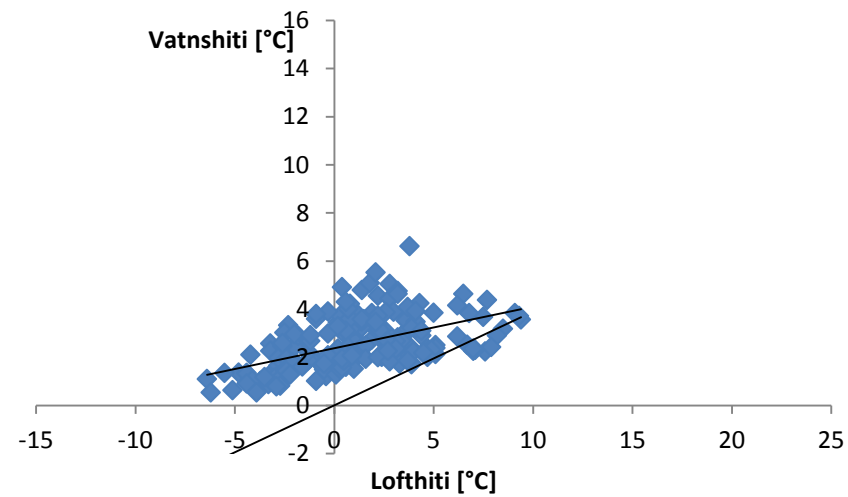
Myndræn framsetning líkana (2) og (3)

Fyrir hvern mánuð eru mæld gildi vatnshita sett upp sem fall af lofthita, bæði í Jökulsá í Fljótsdal og í Kelduá. Á þeim gröfum eru einnig sett fram líkön (2) og (3), þ.e. línulegt samband vatnshita og lofthita, bæði með og án þvingunar í gegnum núllpunkt.

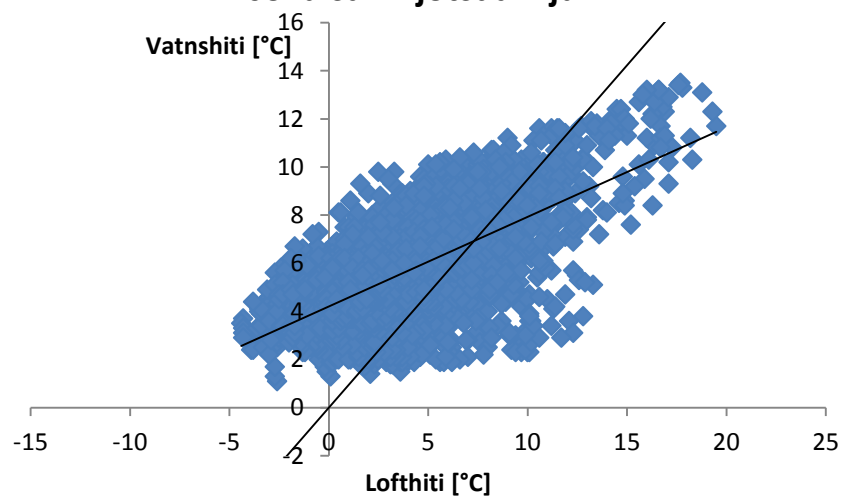
Jökulsá í Fljótsdal - maí



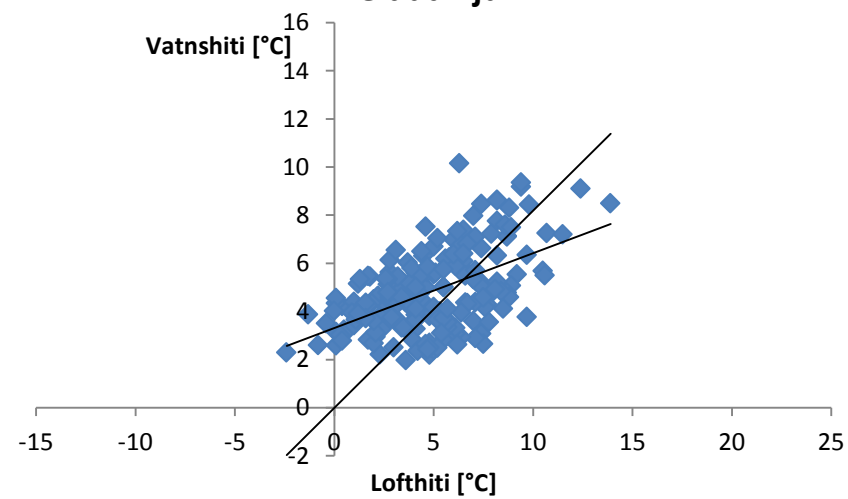
Kelduá - maí



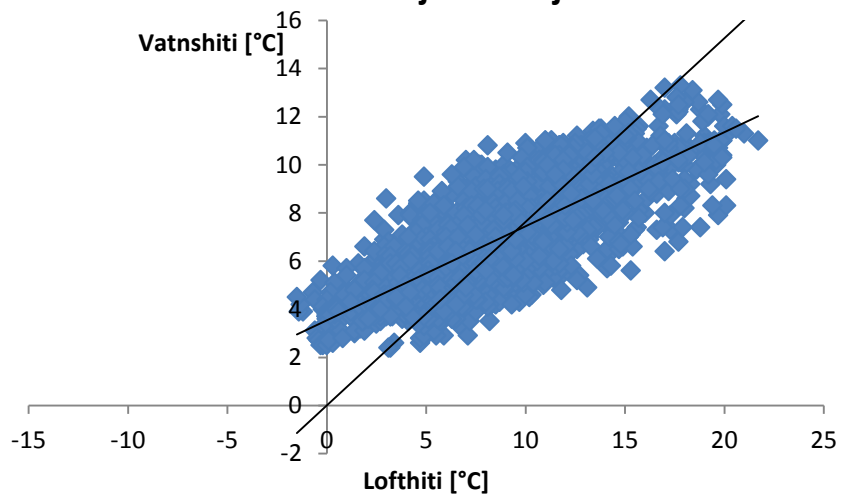
Jökulsá í Fljótsdal - júní



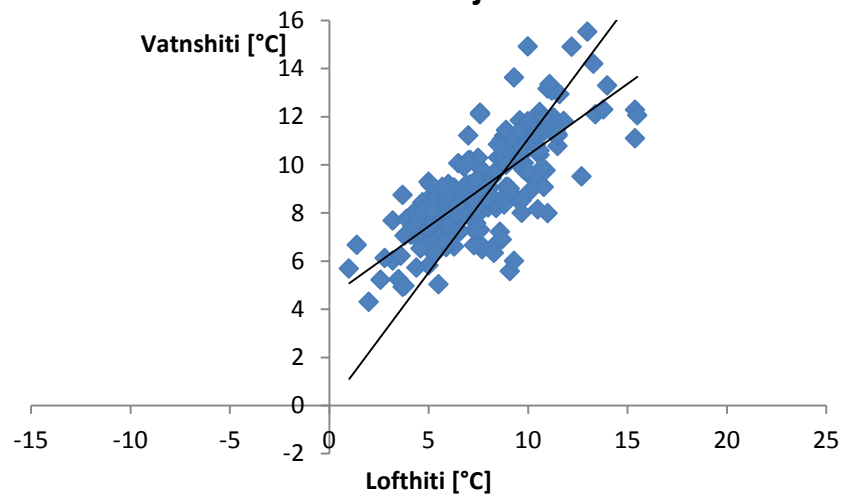
Kelduá - júní



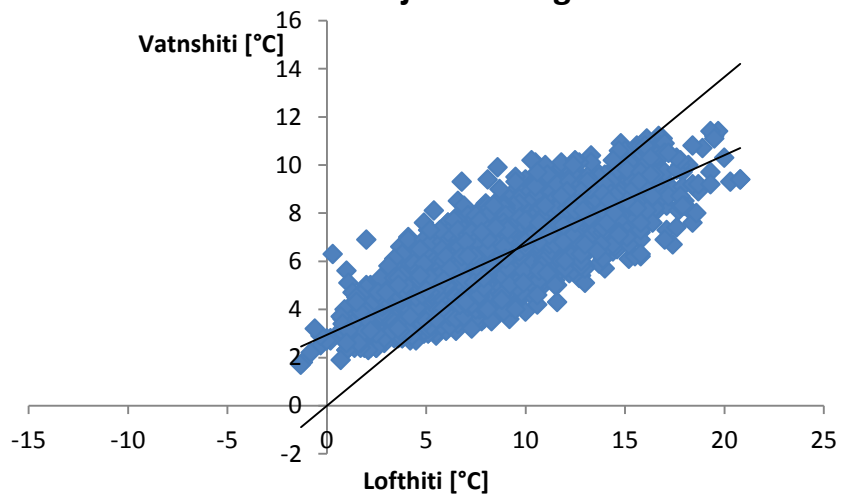
Jökulsá í Fljótsdal - júlí



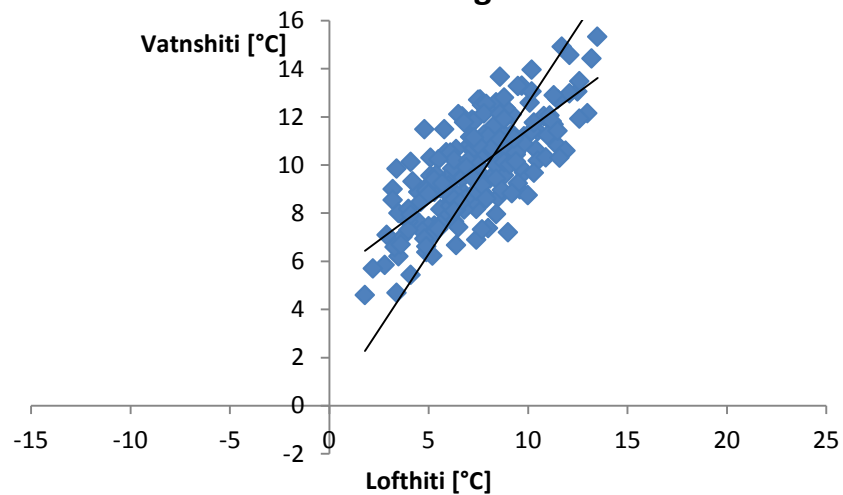
Kelduá - júlí



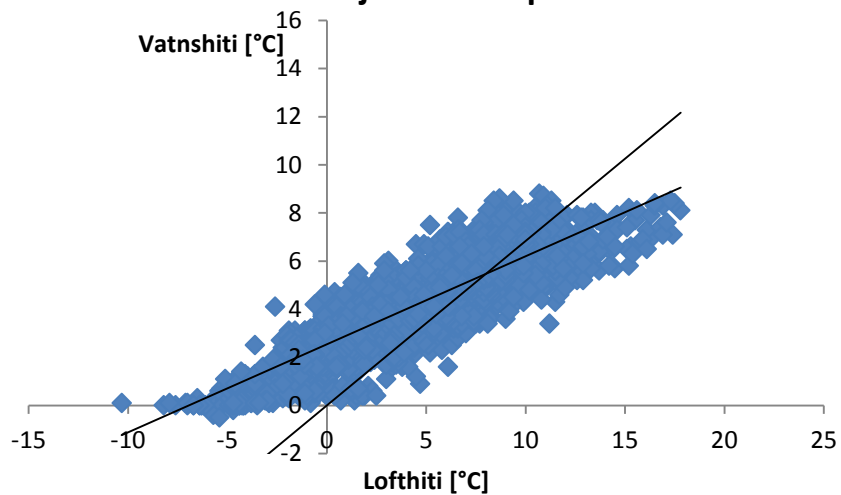
Jökulsá í Fljótsdal - ágúst



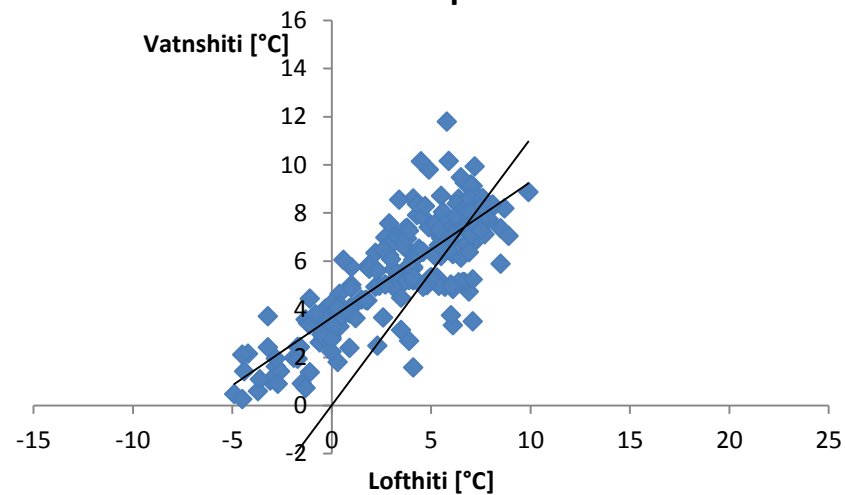
Kelduá - ágúst



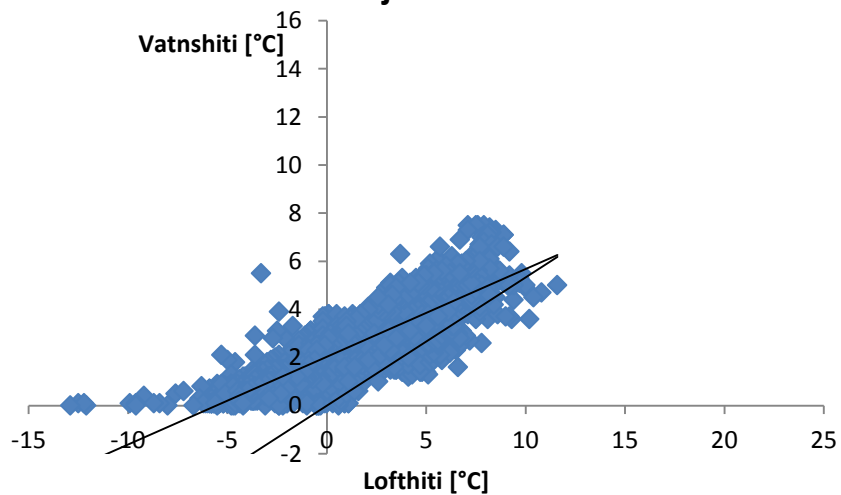
Jökulsá í Fljótsdal - september



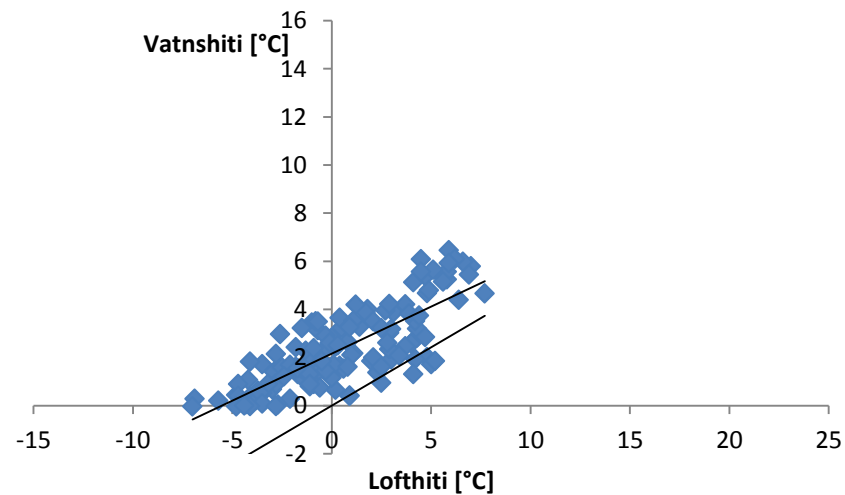
Kelduá - september



Jökulsá í Fljótsdal - október



Kelduá - október





Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

