

## Mat á flóðagreiningu með rennslisröðum reiknuðum með vatnafræðilíkaninu WaSiM. Frumniðurstöður fyrir vatnasvið á sunnanverðum Vestfjörðum

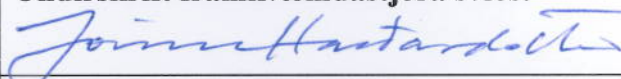
---

Auður Atladóttir  
Philippe Crochet  
Sveinbjörn Jónsson  
Hilmar Björn Hróðmarsson

# Mat á flóðagreiningu með rennslisröðum reiknuðum með vatnafræðilíkaninu WaSiM. Frumniðurstöður fyrir vatnasvið á sunnanverðum Vestfjörðum

---

Auður Atladóttir, Veðurstofu Íslands  
Philippe Crochet, Veðurstofu Íslands  
Sveinbjörn Jónsson, Veðurstofu Íslands  
Hilmar Björn Hróðmarsson, Veðurstofu Íslands

<b>Skýrsla nr.:</b> VÍ 2011-008	<b>Dags.:</b> September 2011	<b>ISSN:</b> 1670-8261	<b>Opin</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Lokuð</b> <input type="checkbox"/> <b>Skilmálar:</b>
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> Mat á flóðagreiningu með rennslisröðum reiknuðum með vatnafræðilíkaninu WaSiM. Frumniðurstöður fyrir vatnasvið á sunnanverðum Vestfjörðum		<b>Upplag:</b> 20	
		<b>Fjöldi síðna:</b> 41	
<b>Höfundar:</b> Auður Atladóttir, Philippe Crochet, Sveinbjörn Jónsson og Hilmar Björn Hróðmarsson		<b>Framkvæmdastjóri sviðs:</b> Jórunn Harðardóttir	
		<b>Verkefnisstjóri:</b> Jórunn Harðardóttir	
<b>Gerð skýrslu/verkstig:</b> Áfangaskýrsla		<b>Verknúmer:</b> 4313	
<b>Unnið fyrir:</b> Vegagerðina			
<b>Samvinnuaðilar:</b>			
<b>Útdráttur:</b> Teknar eru saman niðurstöður flóðagreininga fjögurra vatnsfalla á Vestfjörðum. Stuttar rennslisraðir voru lengdar með vatnafræðilíkaninu WaSiM svo unnt væri að meta endurkomutíma flóða. Gerð er grein fyrir úrbótum á WaSiM líkaninu til að líkja sem best eftir flóðatburðum.			
<b>Lykilorð:</b> Vatnafræðilíkan, WaSiM, flóðagreining, líkanreiknað afrennsli, Vestfirðir, Gláma, Dynjandisá, Vatnsdalsá, Vattardalsá, Ísafjarðará.		<b>Undirskrift framkvæmdastjóra sviðs:</b> 	
		<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b>	
		<b>Yfirfarið af:</b> Óðinn Þórarinsson, SG	



# Efnisyfirlit

Ágrip.....	7
1 Inngangur.....	9
2 WaSiM líkanið.....	11
2.1 Fyrri rannsóknir.....	11
2.2 Nýjar aðferðir.....	11
3 Kvarðaðir stuðlar.....	12
4 Niðurstöður.....	15
4.1 Daglegt meðalrennsli.....	15
4.2 Árlegt hámarksrennsli.....	21
4.3 Samanburður kvarðaðra hjöðnunarstuðla.....	29
5 Lokaorð.....	38
Þakkir.....	39
Heimildir.....	41



## Ágrip

Í greinargerð þessari er gerð grein fyrir niðurstöðum rannsóknar á notkun WaSiM vatnafræðilíkans til að lengja rennslisraðir vatnsfalla á Vestfjörðum. Þannig eru útbúnaðar nægilega langar tímaráðir til að unnt sé að flóðagreina vatnsföllin. Mældar rennslisraðir frá Dynjandisá, Vatnsdalsá, Ísafjarðará og Vattardalsá voru nýttar til verkefnisins.

Nokkrar umbætur hafa átt sér stað frá fyrri rannsóknum Veðurstofu Íslands á líkanreikningum með WaSiM. Kvörðun hefur verið gerð sjálfvirkari með þeim hætti að unnt er að keyra margar prófanir samtímis og bera niðurstöður saman á fljótvirkan hátt, reikningar vegna uppgufunar hafa verið endurbættir, tekið er mið af frosinni jörð að vetri og inntaksgögn úrkomu og hitastigs eru í hærri upplausn en í fyrri verkefnum.

WaSiM líkanið hermdi rennsli vatnsfallanna fjögurra með góðu móti. Vel gekk að líkja eftir lögun vatnsrits fyrir daglegt meðalrennsli og tímasetningar rennslistoppa reyndust góðar. Ekki náðist að kvarða nægilega vel stærðargráðu rennslistoppa þar sem að ekki náðist að herma einangraða ákafa úrkomu með viðunandi hætti. Þar af leiðandi reyndust flóðagreiningar líkanreiknaðra rennslisraða gefa af sér nokkuð lægri rennslisgildi heldur en flóðagreiningar mældra rennslisraða.

Hjöðnunarstuðlar fyrir beint afrennsli reyndust á bilinu 48 til 60 klst. við neðstu vatns-hæðarmæla vatnasviðanna og fyrir sigvatnsrennsli á bilinu 96 til 120 klst. Eftir að bestu kvörðuðu keyrslu var lokið var keyrslan endurtekin með hjöðnunarstuðlum þeim sem kvarðaðir voru fyrir hin vatnasviðin. Samanburður leiddi í ljós að kvarðaðir hjöðnunarstuðlar voru ekki afgerandi breyta og ólíkir stuðlar höfðu ekki afgerandi áhrif á flóðagreiningu.

Frekari rannsóknir þarf til að ákvarða tengsl flóðagreininga með líkanreiknuðum rennslisröðum og mældum rennslisröðum. Einnig þurfa að fara fram frekari prófanir með WaSiM líkanið og eiginleika þess, einkum á sífrera, sem mögulega mætti nýta til að líkja betur eftir frosinni jörð að vetri og hvernig líkanið greinir stór stöðuvötn.

Niðurstöðurnar lofa góðu fyrir hermun afrennslis fyrir vatnsföll þar sem mældar rennslisraðir eru ekki fyrir hendi en frekari rannsókn er þörf til að bæta flóðagreininguna.





# 1 Inngangur

Í þessari greinargerð er fjallað um niðurstöður líkanreiknaðra flóðagreininga sem gerðar voru á fjórum vatnsföllum á Vestfjörðum. Verkefnið hlaut styrk úr rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar árið 2010.

Veðurstofa Íslands, og áður Vatnamælingar Orkustofnunar, hafa á síðustu áratugum unnið að verkefnum fyrir Vegagerðina sem snúa að flóðagreiningum íslenskra vatnsfalla. Svo unnt sé að flóðagreina rennslisraðir fyrir vatnshæðarmæla er nauðsynlegt að fyrir liggja langar tímaraðir. Á sumum landssvæðum eru slík gögn takmörkuð við fáa mæla eins og t.d. á Vestfjörðum. Þar má gera ráð fyrir að Vegagerðin vinni að vegaúrbótum á næstu árum. Upplýsingar um tíðni og stærð vatnsflóða eru æskilegar forsendur fyrir hönnun brúa, ræsa og vegstæða.

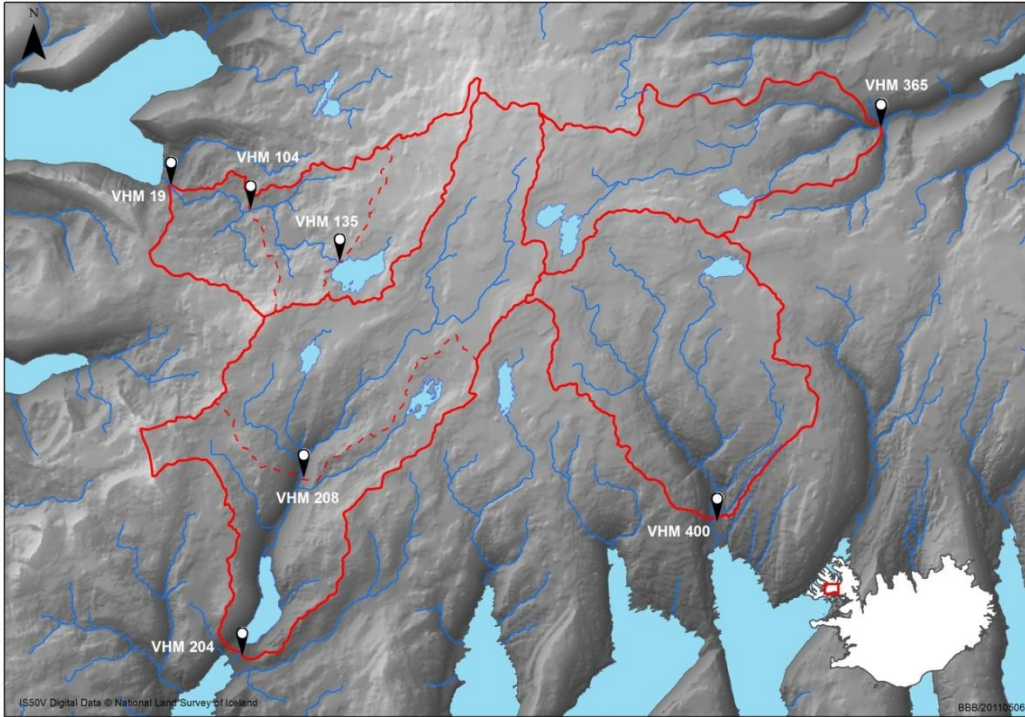
Markmið verkefnisins var að ákvarða stærð og endurkomutíma flóða fyrir þrjú vatnasvið þar sem takmarkaðar mælingar liggja fyrir með því að framlengja rennslisraðirnar með WaSiM vatnafræðilíkani. Að auki var ákvörðuð stærð og endurkomutími flóða fyrir vatnasvið þar sem rennslisröð spannar fjóra áratugi. Framlengdar líkanreiknaðar rennslisraðir voru bornar saman við mæld gildi.

Tafla 1 tilgreinir vatnasviðin sem flóðagreind voru. Í töflunni koma fram staðsetningar vatnshæðarmæla (vhm) í ISNET 93 hnitum, flatarmál og meðalhæð vatnasviða og undirvatnasviða og tímabil mældra rennslisraða sem tiltækar voru.

*Tafla 1. Staðsetningar rennslismælinga, tímabil þeirra og flatarmál og meðalhæð vatnasviða.*

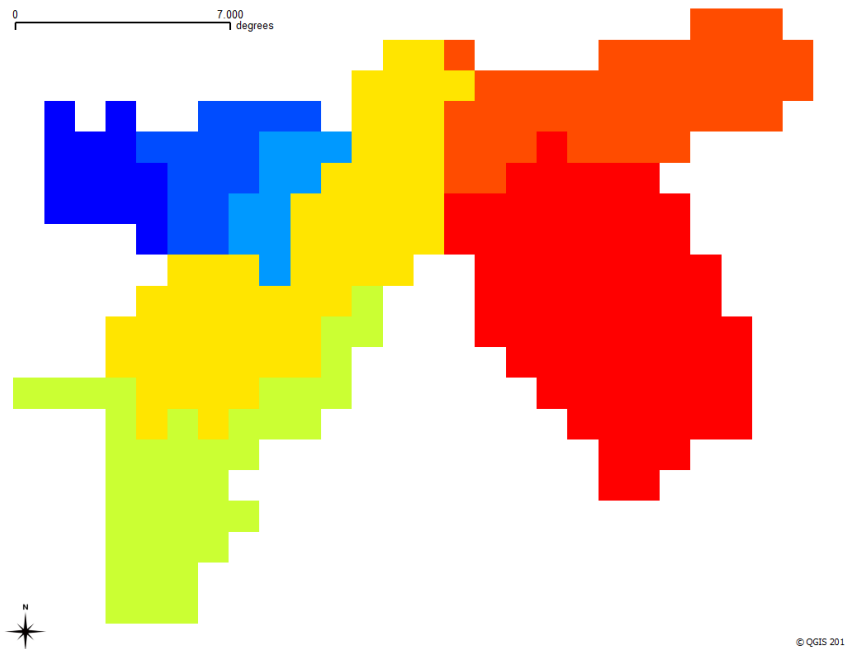
	X	Y	Flatarmál (km <sup>2</sup> )	Tímabil mælinga	Meðalhæð vatnasviðs (m y.s)
<b>Dynjandisá</b>					
Neðan Sjóarfoss (vhm19)	306872	588547	42,8	1961–2003	395
Kálfeyrarbrú (vhm104)	309818	587400	34,0	1968–1983	538
Stóra-Eyjarvatnsós (vhm135)	313201	585632	14,6	1966–2002	617
<b>Vatnsdalsá</b>					
Ós árinna (vhm204)	309579	571758	102,4	1977–2003	330
Botn Vatnsdals (vhm208)	311887	578299	62,7	1991–2003	546
<b>Ísafjarðará (vhm365)</b>	332133	590309	46,7	1998–2005	507
<b>Vattardalsá (vhm400)</b>	326600	575896	67,6	1997–2005	441

Mynd 1 sýnir vatnasviðin og staðsetningu vatnshæðarmælanna. Í vestri er Dynjandisá (vhm19). Tveir vatnshæðarmælur eru ofar í ánni og mynda tvö hlutvatnasvið; vhm104 sem er staðsettur við Kálfeyrarbrú og vhm135 sem er við ós Stóra-Eyjarvatns. Vhm19 er staðsettur nærri árósum, neðan við Dynjandisfoss. Til suðurs rennur Vatnsdalsá (vhm204). Mælirinn er við ós árinna og annar (vhm208) liggur ofar í ánni í botni Vatnsdals. Á eystri hluta rannsóknarsvæðisins eru Ísafjarðará (vhm365) og Vattardalsá (vhm400). Þær raðir eru stystu rennslisraðir verkefnisins, spanna einungis 8 og 9 ár. Einn mælir er í hvorri á.



Mynd 1. Vatnasvið Dynjandisár (vhm19), Vatnsdalsár (vhm204), Ísafjarðarár (vhm365) og Vattardalsár (vhm400). Hlutvatnasviðin eru afmörkuð með punktalínunum.

Vatnasvið og hlutvatnasvið eru lesin inn í WaSiM líkanið með 1 km upplausn. Mynd 2 sýnir líkangreind vatnasviðin sem svara til vatnasviðanna á mynd 1.



Mynd 2. Líkangreind vatnasvið rannsóknarinnar.

## 2 WaSiM líkanið

### 2.1 Fyrri rannsóknir

WaSiM vatnafræðilíkanið var fyrst nýtt hérlendis til að reikna afrennsliskort af Íslandi. Tvö afrennsliskort voru unnin; annars vegar fyrir árin 1961 til 1990 og hins vegar fyrir framtíðarsviðsmyndir árána 2071 til 2100. Við gerð afrennsliskortanna var líkanið kvarðað fyrir um 70 vatnasvið (Jónsdóttir, 2008).

Í verkefninu „Loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á orkukerfi og samgöngu“ (LOKS, 2008–2011) og í norrænu systurverkefni, Climate and Energy Systems (CES 2007–2011) voru nokkrir hlutar líkansins bættir. Meðal annars var grunnvatnshluti líkansins virkjaður og uppgufun með aðferð Hamons var endurbætt (Bergur Einarsson og Sveinbjörn Jónsson, 2010a). Eftir innleiðingu grunnvatnshluta líkansins reiknaðist fylgni milli líkanreiknaðra og mældra rennslisgagna mun betri. Þá var breytileika í vatnsjöfnuði milli ára betur náð (Bergur Einarsson & Sveinbjörn Jónsson, 2010b).

Í fyrri rannsóknum var uppgufun reiknuð með aðferð Hamon. Í aðferð Hamon er uppgufun metin út frá hitastigsgögnum auk mánaðarlegra leiðréttingarstuðla sem lýsa öðrum aðstæðum. Aðferðin er því einföld og krefst lítilla inntaksgagna samanborið við aðrar aðferðir sem lýsa uppgufun en er að sama skapi mikið háð stuðlum sem byggðir eru á reynslu (Schulla & Jasper, 2007).

Í ofangreindum verkefnum hafa inntaksgögn úrkomu, hitastigs, vinds og geislunar verið fengin frá MM5 veðurlíkani (Rögnvaldsson o.fl., 2007). Þau gögn voru með 8 km upplausn.

### 2.2 Nýjar aðferðir

Allnokkrar breytingar voru gerðar á aðferðafræði og inntaksgögnum í núverandi verkefni með það að meginmarkmiði að líkja sem nákvæmast eftir flóðaatburðum.

#### Frosin jörð að vetri

Í verkefninu var flóðatoppum veitt sérstök athygli. Stærstu flóðatoppar á vatnasviðunum eru á veturnum þar sem mikil úrkoma getur fallið þegar jörð er frosin. Til að líkja eftir frosinni jörð voru tvær aðferðir skoðaðar. Annars vegar voru hjöðnunarstuðlar fyrir beint afrennslis og sigvatnsrennslis á vetrartíma lækkaðir til að hækka rennslisstoppa. Líkanið missti þrátt fyrir það vatn ofan í jarðveginn. Hins vegar var skoðað að nota leirlag sem kæmi í veg fyrir að vatn læki ofan í grunnvatnsborð vatnasviðanna. Leirlagið var aðeins virkjað að vetri til, eða frá 1. nóvember til 1. maí. Með notkun leirlagsins náðust betri niðurstöður á hermun á vetrartoppum, án lækkunar á hjöðnunarstuðlum.

#### Árstíðarbundnir snjóbráðnunarstuðlar

Með því að nota mismunandi snjóbráðnunarstuðla fyrir vetur og sumur náðist raunverulegri hermun. Snjóbráðnun að vetri til er lægri en á sumri þar sem snjór er hreinni að vetri til og bráðnar minna en óhreinn snjór á leysingartímum.

#### Hálf-sjálfvirk kvörðun

Með hálf-sjálfvirkri kvörðun var mögulegt að keyra margar keyrslur og sjá með fljótlegum og skilvirkum hætti hvaða keyrslur væru betri en aðrar, en einnig hvaða áhrif breytingar á stuðlum hefðu. Með ítarlegri tölfræðilegri úrvinnslu og útprentun á margskonar gröfum var val á góðum keyrslum gert mun skilvirkara.

## Úrkoma og hitastig

Hér var notast við LT úrkomulíkan með 1 km upplausn (Crochet o.fl., 2007). Hitastigsgögn eru einnig lesin inn í líkanið með 1 km upplausn (Crochet og Jóhannesson, 2011).

## Uppgufun

Í stað nálgunar Hamon áður var notast við nálgun Penman-Monteith við ákvörðun á uppgufun. Í nálgun Penman-Monteith er uppgufunarferlinu líst með eðlisfræðilegum ferlum og er aðferðin óháð leiðréttingarstuðlum, ólíkt nálgun Hamon (Schulla og Jasper, 2007). Aðferð Penman-Monteith gerir auknar kröfur um inntaksgögn. Upplýsingar um vind, geislun og raka voru fengnar úr MM5 veðurlíkaninu (Rögnvaldsson o.fl. 2007), hitastig var fengið af daglegum hitastigskortum og úrkoma úr LT líkani (Crochet o.fl., 2007). Aðrar nauðsynlegar upplýsingar í nálgun Penman-Monteith eru yfirborðsgerð lands, landhæð og gróðurfar.

Þar sem reikningarnir miðast við dagsgildi þarf WaSiM að fá mestu dægursveiflu hitastigs fyrir hvern mánuð. Þessi mánaðarlegu gildi voru metin út frá kortum af mánaðarmeðaltali hámarks- og lágmarkshita á Íslandi fyrir tímabilið 1961–2004 (Björnsson o.fl., 2007).

## 3 Kvarðaðir stuðlar

Kvarðaðir jarðfræði- og veðurfarsstuðlar eru allir eins fyrir þessi vatnasvið. Það ræðst af því að veðurfar er svipað á vatnasvæðunum fjórum og berggrunnur og yfirborð landsins líkt (Haukur Jóhannesson & Kristján Sæmundsson, 1998).

Tafla 2 sýnir þá stuðla sem kvarðaðir voru fyrir hvert og eitt vatnasvið og undirvatnasvið.

Tafla 2. Stuðlar sem kvarðaðir voru í WaSiM líkaninu.

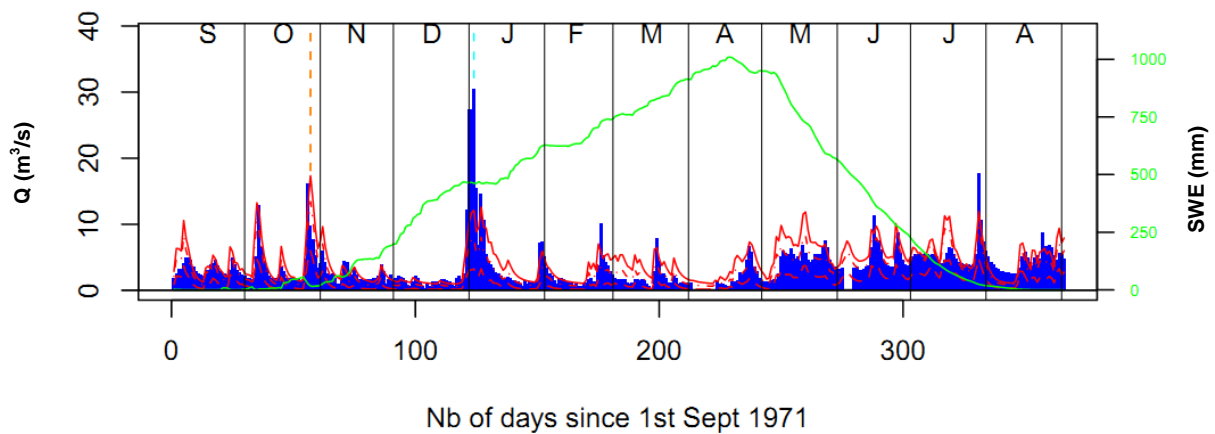
Stuðull	vhm19	vhm104	vhm135	vhm204	vhm208	vhm365	vhm400
Hjöðnunarstuðull fyrir beint afrennsli, $k_d$ (klst)	48	48	48	48	29	48	60
Hjöðnunarstuðull fyrir sigvatnsrennsli, $k_i$ (klst)	96	96	96	96	58	96	120
Þéttleiki rennslisleiða, $d_r$ ( $m^{-1}$ )	5	5	5	5	5	5	5
Markhitastig milli rigningar og snjókomu, $T_{OR}$ ( $^{\circ}C$ )	0	0	0	0	0	0	0
Markhitastig snjóbráðunar, $T_0$ ( $^{\circ}C$ )	0	0	0	0	0	0	0
Hitaháður bráðunarstuðull, $c_1$ ( $m^{\circ}C^{-1} \cdot d^{-1}$ )	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*
Vindháður bráðunarstuðull, $c_2$ ( $mm \cdot (^{\circ}C \cdot m \cdot s^{-1} \cdot d)^{-1}$ )	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Lekt, $k$ (m/s)	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$
Hlutfall snjóbráðar sem skilar sér beint í afrennsli	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

\* Hitaháður bráðunarstuðull var  $1 m^{\circ}C^{-1} \cdot d^{-1}$  yfir vetrarmánuði og  $2 m^{\circ}C^{-1} \cdot d^{-1}$  yfir sumarmánuði

Ólíkir lektarstuðlar voru athugaðir. Á jarðfræðikorti fyrir svæðið (Haukur Jóhannesson & Kristján Sæmundsson, 1998) kemur fram að á vatnasviðunum er basískt og ísúrt gosberg, eldra en 3,3 milljón ára. Slíkt berg hefur lektarstuðla á bilinu  $10^{-5}$  til  $10^{-7}$  m/s (Árni Hjartarson, 1994 og Jón Ingimarsson & Freysteinn Sigurðsson, 1987). Gerðar voru prófanir með lekt á bilinu  $10^{-4}$  til  $10^{-8}$  m/s og í tilfellum allra vatnasviðanna reyndist lektarstuðullinn  $3 \cdot 10^{-5}$  m/s gefa besta niðurstöðu.

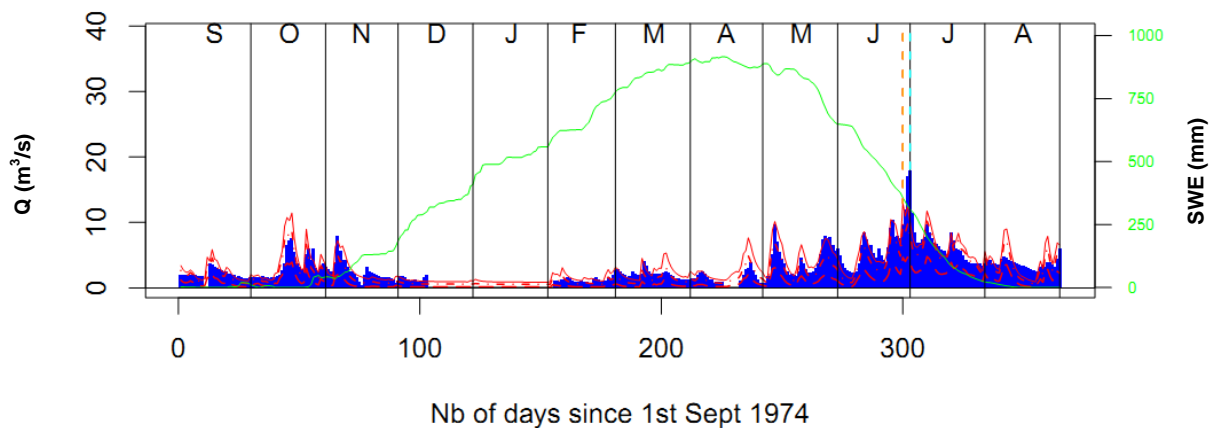
Við kvörðun líkansins var lögð áhersla á að líkja eftir flóðaatburðum og ná hæstu gildum rennslisins. Mynd 3 sýnir mælt rennsli (blátt) og líkanreiknað rennsli (rautt). Græn lína lýsir vatnsgildi snævar, (e. Snow water equivalent, SWE). Myndin sýnir dæmigerða snögga aukningu í rennsli í upphafi janúarmánaðar sem líkanið nær ekki að líkja eftir. Þetta snar rennsli varð í kjölfar rigningar. Líkanið líkir þannig vel eftir vatnsrennsli og nær að fylgja grunnrennsli og sveiflum í rennslinu. Það reynist hins vegar erfitt að herma atburði þar sem áköf úrkoma átti í hlut.

Úrkomugögn fyrir 1 km möskva og 24 klukkustunda upplausn ná heldur ekki að líkja nægilega vel eftir ákafri úrkomu (Crochet o.fl., 2007 og Tómas Jóhannesson o.fl., 2007). Af þeim sökum næst oft ekki að líkja eftir miklu rennsli að vetri til þegar áköf úrkoma lendir á frosinni jörð og rennsli eykst snögglega. Auðveldara reynist að herma mikið rennsli sem verður vegna snjóbráðunar að vori eða sumri til.

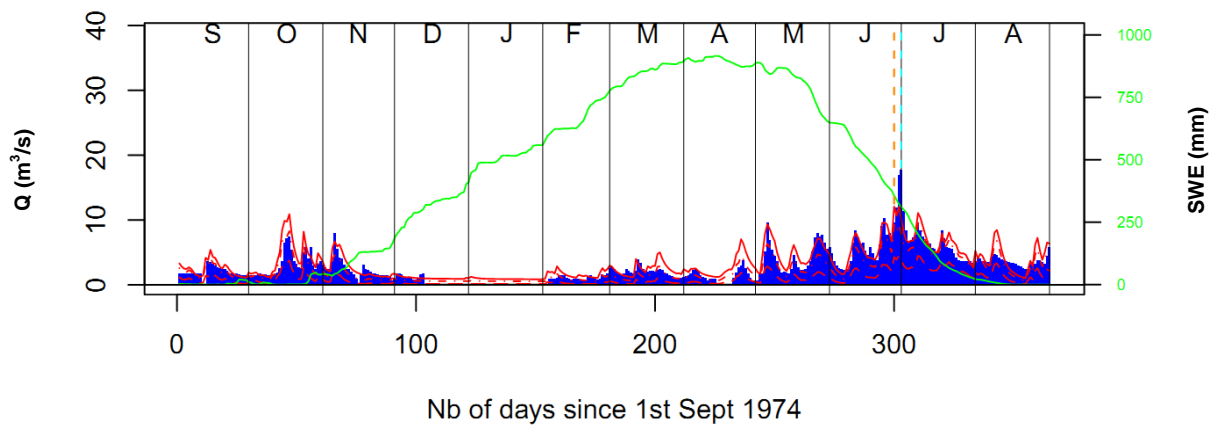


Mynd 3. Dæmigert myndrit af mældum (blátt) og líkanreiknuðum (rautt) gildum vatnsrennslisins í vhm19, Dynjandisá yfir eitt vatnsár. Lægri gildi líkanreiknaðs vatnsrennslis (brotalínur) sýna rennsli í undirvatnasviðum.

Könnuð var næmni hjöðnunarstuðlanna. Hjöðnunarstuðlar fyrir beint afrennsli og fyrir sigvatnsrennsli reyndust hinir sömu við neðstu vatnshæðarmæla vatnasviða Dynjandisár, Vatnsdalsár og Ísafjarðarár. Örlítið hærri stuðlar voru kvarðaðir fyrir Vattardalsá. Gildi hjöðnunarstuðla fyrir Vattardalsá voru metin fyrir hin vatnasviðin þrjú. Lítil munur er á því að nota hjöðnunarstuðulinn 48 klst fyrir beint afrennsli eða að nota 60 klst. Myndir 4 og 5 sýna þann litla mun. Í kafla 5.3 er farið ítarlegar yfir samanburð ólíkra hjöðnunarstuðla og áhrif þeirra á flóðagreiningu.



Mynd 4. Mælt (blátt) og reiknað(rautt) rennsli í vhm19, Dynjandisá þar sem hjöðnunarstuðullinn er  $k_d = 48$  klst.



Mynd 5. Mælt (blátt) og reiknað (rautt) rennsli í vhm19, Dynjandisá þar sem höðnun-  
arstuðullinn er  $k_d = 60$  klst.

## 4 Niðurstöður

### 4.1 Daglegt meðalrennsli

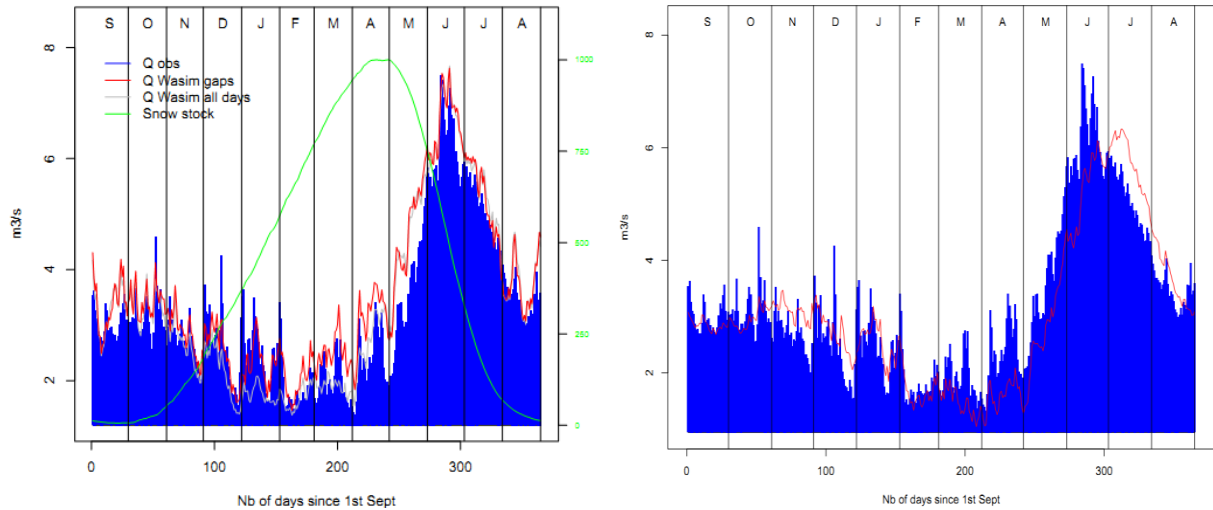
#### Dynjandisá

WaSiM líkanið líkir vel eftir daglegum meðalgildum eins og sjá má til vinstri á mynd 6. Líkanreiknuð meðaldagsgildi fylgja sveiflum reiknaðra gilda, bæði í stærð og tímasetningu rennslistoppa.

Svolítið ofmat sést í líkanreiknuðum meðaldagsgildum á veturna en tímasetning vetrarflóða er ágæt. Stærðargráða og tímasetning sumarflóða er nokkuð góð.

Til hægri á mynd 6 er vatnsrit útbúið úr gögnum eldri rannsóknar (Jóna Finndís Jónsdóttir & Bergur Einarsson, 2006) til samanburðar. Í þeirri rannsókn var grunnvatnshluti WaSiM ekki virkjaður heldur voru geymslustuðlar fyrir rennsli í jarðvegi og beint afrennsli hækkaðir þannig að geymsla á vatni á yfirborði og í jarðvegi var ýkt. Þá var úrkoma sköluð í kvörðun. Í núverandi rannsókn eru inntaksgögn úrkomu nákvæmari, búið er að taka mið af frosti í jörðu að vetri og búið að virkja grunnvatnshluta líkansins.

Ef niðurstöður núverandi og fyrri rannsókna eru bornar saman má sjá að tímasetning vorleysinga næst betur nú, stærð hámarksrennslis að vori næst betur og unnt er að kvarða grunnrennsli betur en áður. Svörun líkansins við inntaksgögnum er heilt yfir betri en áður.



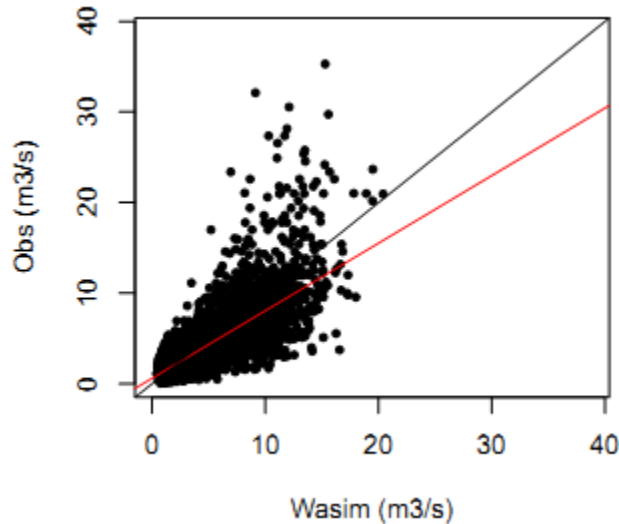
Mynd 6. Til vinstri: Dagleg meðalgildi mælds (blátt) og líkanreiknaðs vatnsrennslis fyrir Dynjandisá. (grátt: þar sem mæld gögn eru til, rautt: lengdar rennslisraðir). Vatnsgildi snævar er lýst með grænum ferli (mm). Til hægri: Dagleg meðalgildi fyrir Dynjandisá frá eldri rannsókn.

Mynd 7 sýnir samanburð líkanreiknaðra og mældra meðaldagsgilda. Línuleg aðfallslína er á myndinni (svört lína) sem og niðurstaða línulegrar aðhvarfsgreiningar (rauð lína). Allra hæstu mældu gildin eru kerfisbundið vanmetin en að öðru leyti er fylgni góð. Í rannsókninni var unnt að ná betri fylgnistuðli,  $R^2$ , en þá á kostnað hámarksrennslis sem leitast var við að ná sem mest. Hér er  $R^2 = 0,539$ . Fylgni daglegs meðalrennslis var ákvörðuð með aðferð Nash-Sutcliffe;

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - x_i)^2}{\sum_i x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_i x_i)^2}$$

Þar sem  $y_i$  eru reiknuð rennslisgildi,  $x_i$  eru mæld rennslisgildi og  $n$  er fjöldi mældra og reiknaðra rennslisgilda (Schulla & Jasper, 2007). Einnig voru meðalskekkja (e. mean error) og staðalskekkja (e. root mean square error) hverrar keyrslur reiknaðar fyrir daglegt rennslis, árlegt hámarksrennslis, árlegt meðalrennslis og fyrir vorflóð.

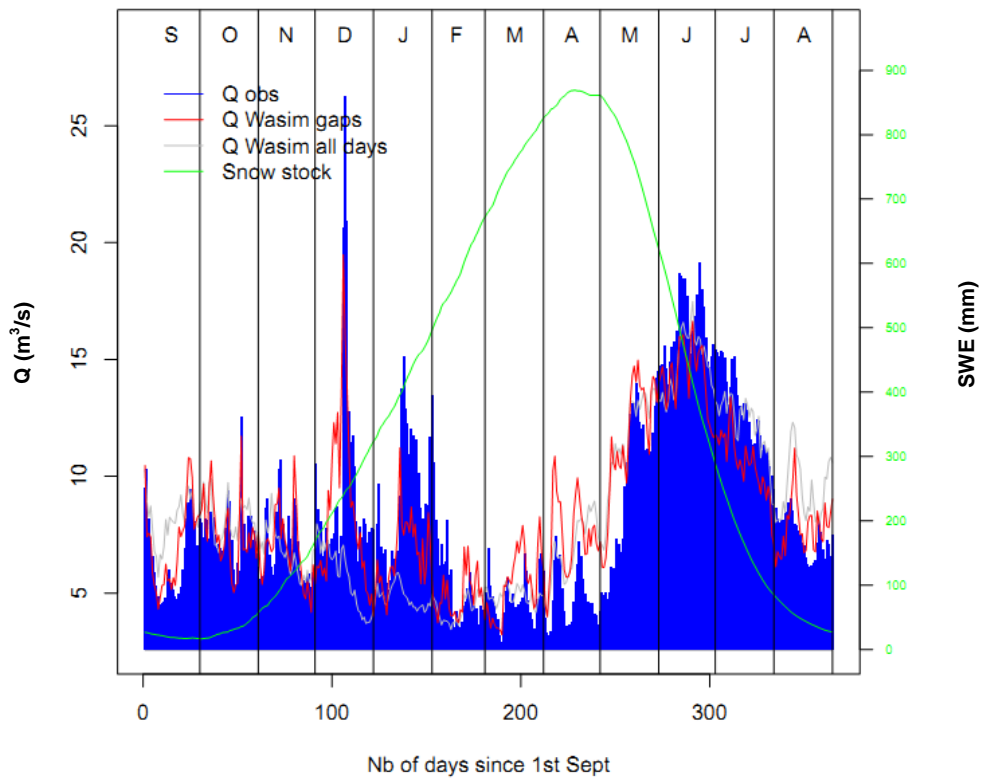




Mynd 7. Daglegt mælt og líkanreiknað rennsli fyrir vhm19, Dynjandisá.

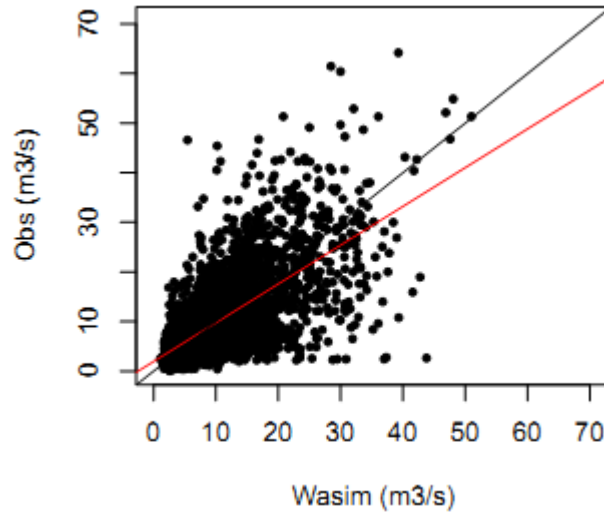
### Vatnsdalsá

Stuðst er við mælingar úr Vatnsdalsá frá 1977 til 2005 en athuga þarf að nokkurt skarð er í mælingum frá 1984 til 1996. Við kvörðun Vatnsdalsár reyndist unnt að líkja vel eftir vatnsriti daglegs meðalrennslis, sérstaklega tókst hermun rennslis að sumri vel. Tímasetningar vetrarflóða eru ágætari en stærðargráða þeirra næst ekki nægilega rétt þar sem ekki næst að herma einangraða ákafa úrkomu. Mynd 8 sýnir daglegt meðalrennsli fyrir Vatnsdalsá.



Mynd 8. Dagleg meðalgildi mælds (blátt) og líkanreiknaðs vatnsrennslis (grátt: þar sem mæld gögn eru til, rautt: lengdar rennslisraðir) fyrir vhm204, Vatnsdalsá.

Mynd 9 sýnir dreifingu mældra og líkanreiknaðra dagsgilda fyrir Vatnsdalsá. Allra hæstu mældu gildi rennslisins eru kerfisbundið vanmetin. Fylgnistuðull,  $R^2$ , er 0,461 en unnt reyndist að hækka hann við kvörðun líkansins en þá á kostnað hámarksrennslis sem leitað var eftir.

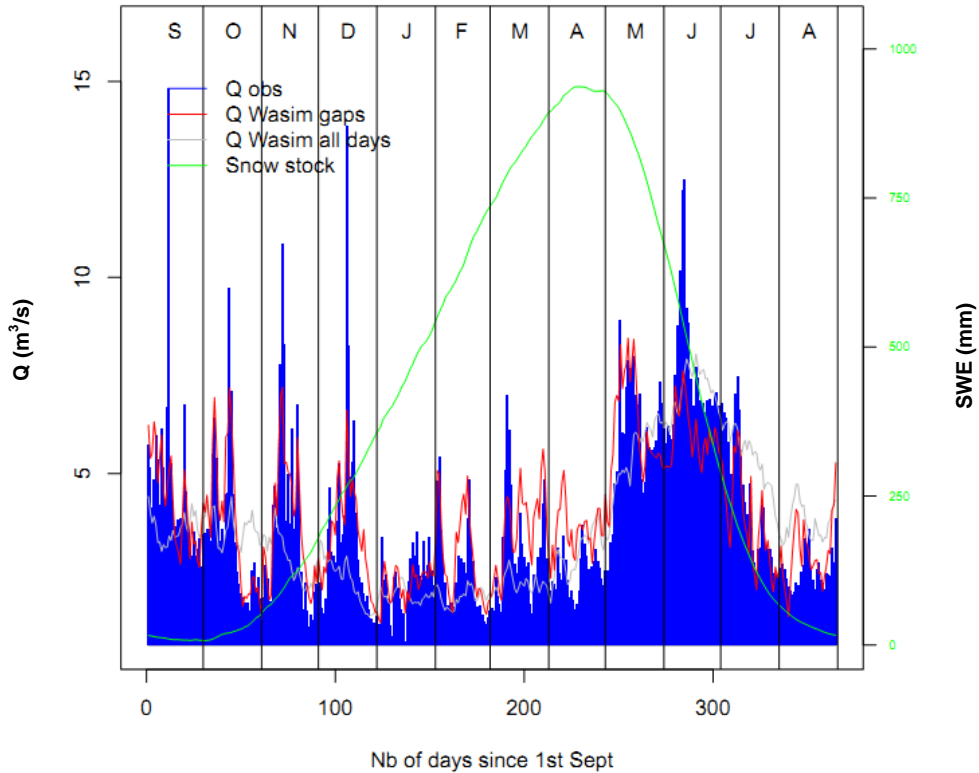


Mynd 9. Daglegt mælt og líkanreiknað rennsli fyrir vhm204, Vatnsdalsá.

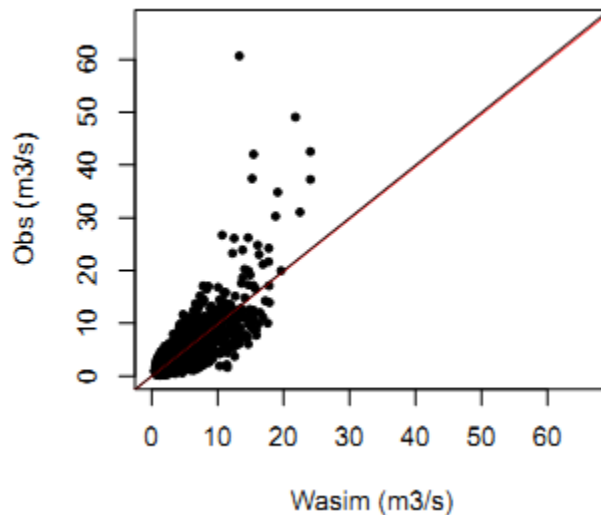
### Ísafjarðará

Í Ísafjarðará mælast háir rennslistoppa reglulega yfir árið, sjá mynd 10. Tímasetningar rennslistoppa náðust vel en stærðir flóðanna ekki jafnvel.

Mynd 11 sýnir mæld dagleg gildi sem fall af líkanreiknuðum gildum. Þar náðist betri fylgnistuðull en fyrir Dynjandisá og Vatnsdalsá. Líkanið vanmat einstaka háa rennslistoppa en að öðru leyti var hermun líkansins í góðu samræmi við mæld dagsgildi. Fylgnistuðull er  $R^2 = 0,636$ .



Mynd 10. Dagleg meðalgildi mælds (blátt) og líkanreiknaðs vatnsrennslis (grátt: þar sem mæld gögn eru til, rautt: lengdar rennslisráðir) fyrir vhm365, Ísafjarðará.



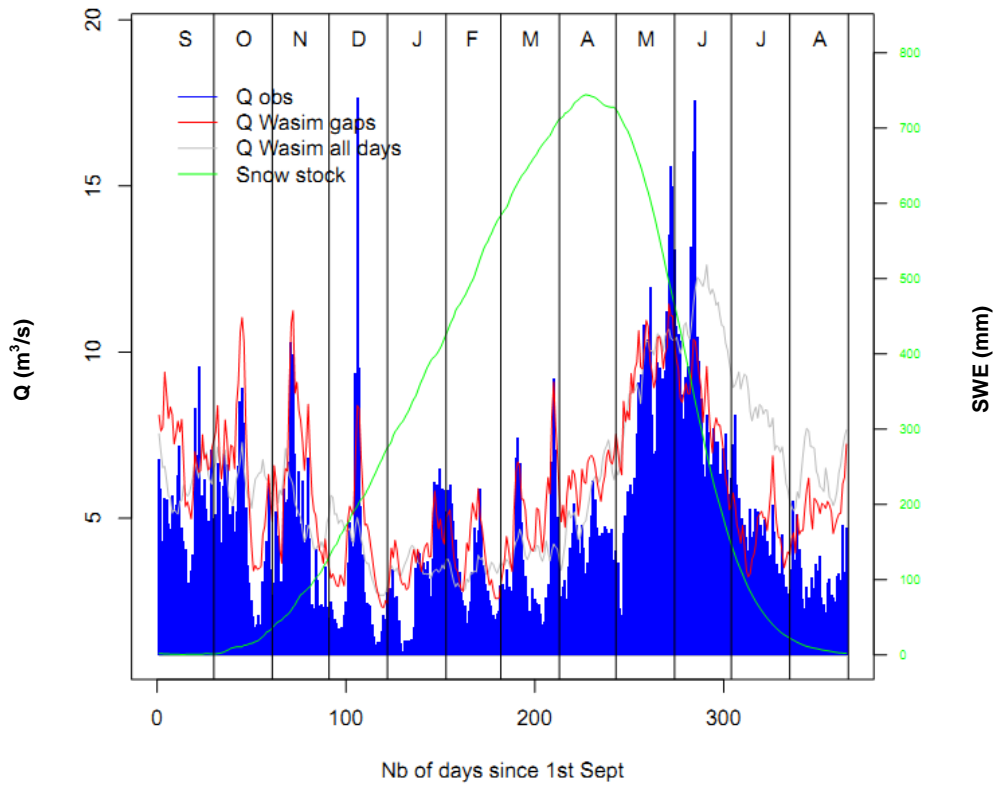
Mynd 11. Daglegt mælt og líkanreiknað rennsli fyrir vhm365, Ísafjarðará.

### Vattardalsá

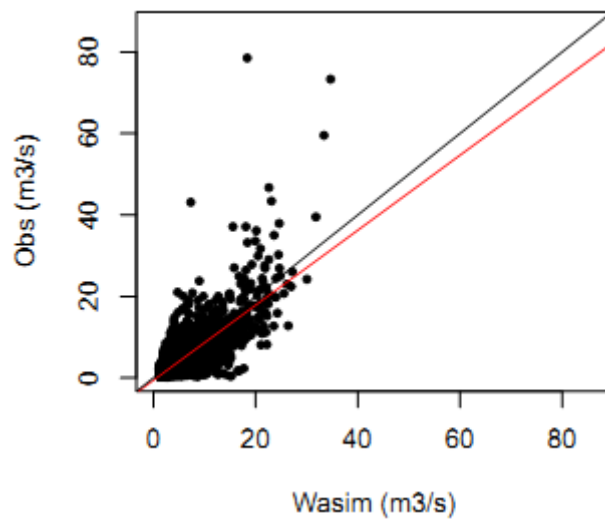
Myndir 12 og 13 sýna niðurstöður frá Vattardalsá. Rennslisröðin er stutt, 9 ár, og því er auðvelt að bera kennsl á rennlistoppa, líkt og fyrir vatnsrit Ísafjarðarár á mynd 10. Niðurstöður líkanreikninga liggja nokkuð hærra en mæld dagsgildi og bera vott um að ekki náðist að kvarða grunnrennsli árinna nógu vel. Í þessu tilfalli er grunnrennsli leyft að liggja

hátt á kostnað vatnsjöfnuðar milli mældra og reiknaðra gilda til þess að ná hámarksrennslisgildum sem best.

Mynd 12 sýnir ágætan samanburð mældra og líkanreiknaðra gilda. Örfá gildi skera sig úr þar sem líkanið nær ekki að herma mjög háa rennslisþoppa, en ef að þeir eru frátaldir eru niðurstaðan góð. Fylgnistuðull er  $R^2 = 0,545$ .



Mynd 12. Dagleg meðalgildi mælds (blátt) og líkanreiknaðs vatnsrennslis (grátt: þar sem mæld gögn eru til, rautt: lengdar rennslisraðir) fyrir vhm400, Vattardalsá.



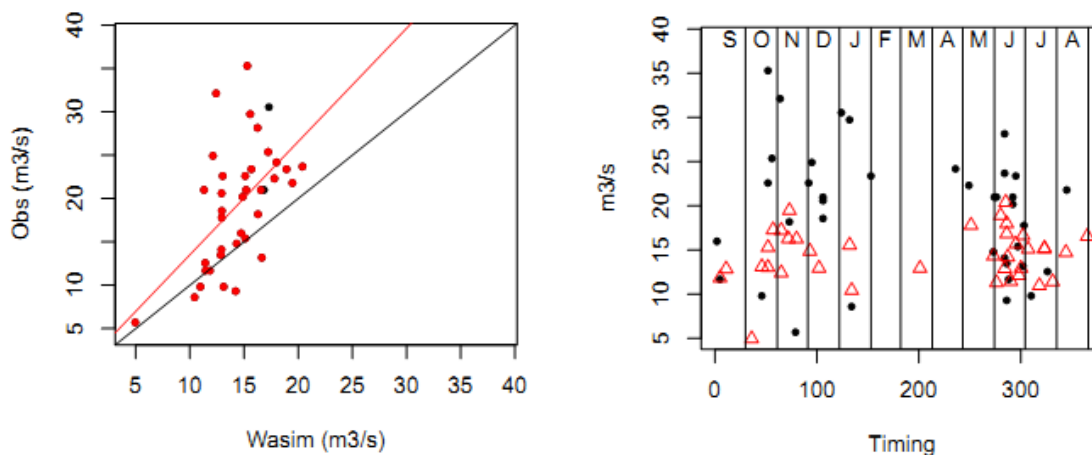
Mynd 13. Daglegt mælt og líkanreiknað rennslis fyrir vhm400, Vattardalsá.

## 4.2 Árlegt hámarksrennsli

Hér eftirfarandi eru niðurstöður flóðagreiningar fyrir vatnshæðarmælana fjóra.

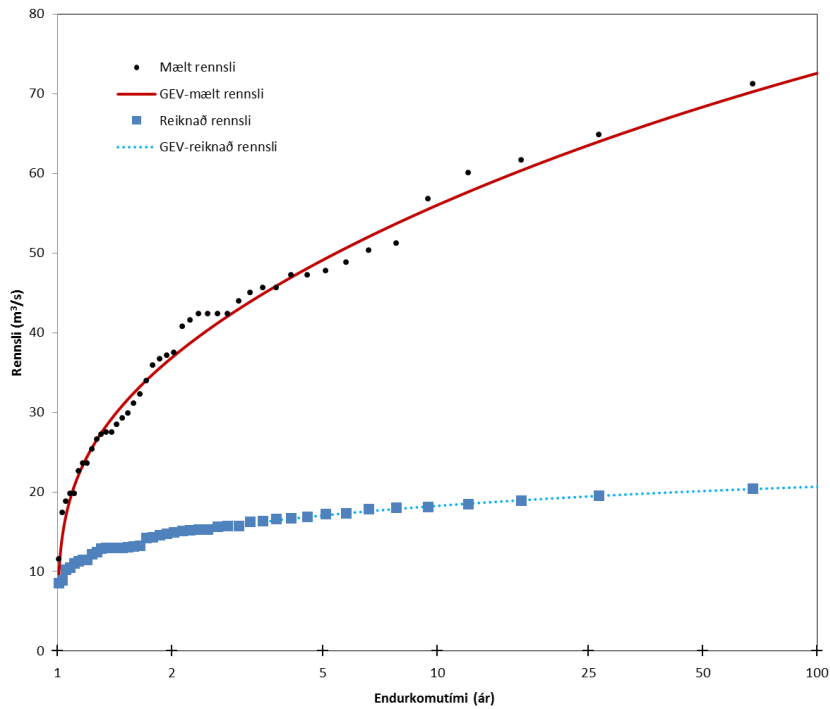
### Dynjandisá

Reiknað hámarksrennsli kom oftast fram að sumri til og þá vegna snjóbráðunar, sjá mynd 14 til hægri. Mælt hámarksrennsli kom oftast fram að sumri til en einnig að vetri til og er vegna úrkomuatburða sem erfiðlega reyndist að líkja eftir.



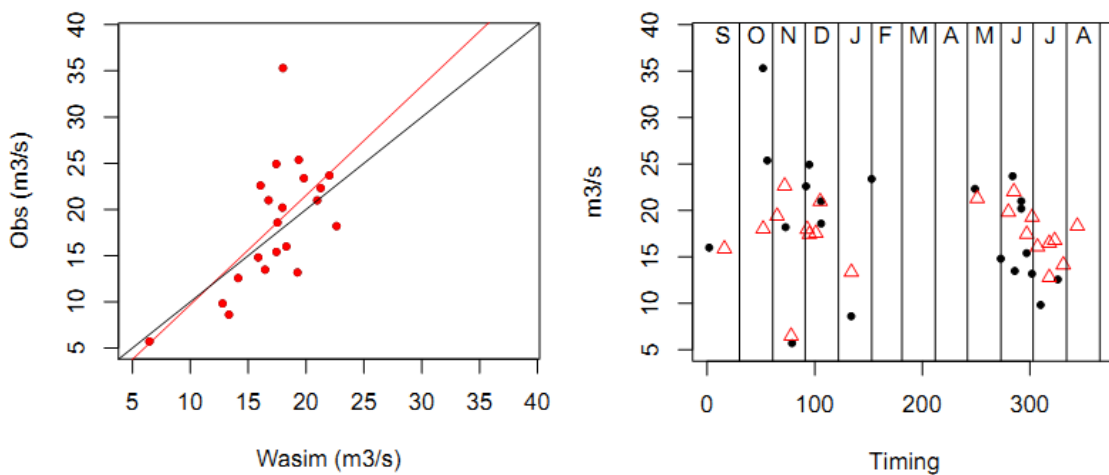
Mynd 14. Til vinstri: Árlegt hámarksrennsli fyrir þau ár sem mæld gildi eru tiltæk; mælingar þar sem 15 eða fleiri daga vantar á ári eru merktar rauðar. Til hægri: Stærð og tímasetning árlegs mælds og líkanreiknaðs hámarksrennslis, reiknað hámarksrennsli eru rauðir þríhyrningar, fyrir vhm19, Dynjandisá.

Mynd 15 sýnir niðurstöður flóðagreiningar fyrir Dynjandisá fyrir árin 1961–2005. Þar er tíðni rennslistoppa lýst með GEV tíðnigreiningu (e. General extreme value distribution). Tíðnigreiningin fyrir reiknaða rennslið er flatari en tíðnigreiningin fyrir mælda rennslið. Ástæða þess er að erfiðara reyndist að líkja eftir stærð rennslistoppa, einkum að vetri.



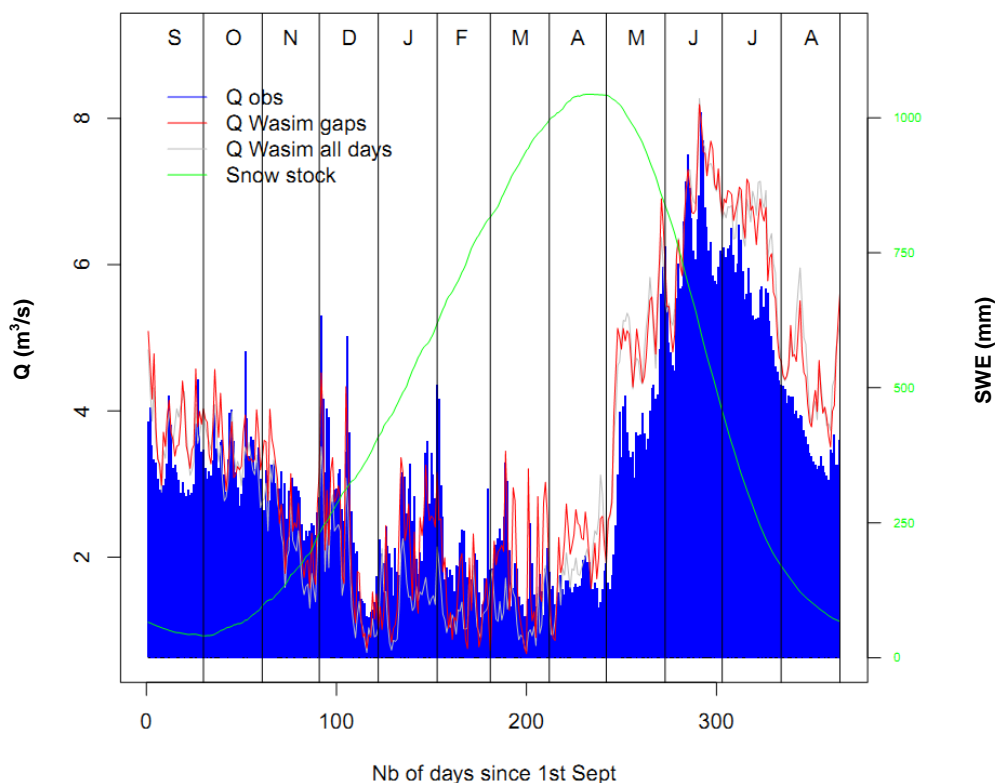
Mynd 15. Reiknað og mælt hámarksrennsli árin 1961–2005 fyrir Dynjandisá.

Til samanburðar sýnir mynd 16 niðurstöður keyrslu sem hæsta Nash-Sutcliffe stuðullinn,  $R^2$ , fyrir árlegt hámarksrennsli. Myndin sýnir að betur náðist að líkja eftir vetrarflóðum heldur en í keyrslunni sem mynd 14 lýsir. Hins vegar voru sumarflóð og aðrir flóðatoppa ofmetnir af WaSiM líkaninu. Aðalmunurinn milli keyrslanna er sá að hjöðunarstuðlar ( $k_d$  og  $k_i$ ) eru mun lægri fyrir keyrsluna sem lýst er á mynd 16, en lægri stuðlar gefa af sér hærri brattari flóðatoppa.



Mynd 16. Til vinstri: Árlegt hámarksrennsli fyrir þau ár sem mæld gildi eru tiltæk; mælingar þar sem 15 eða fleiri daga vantar á ári eru merktar rauðar. Til hægri: Stærð og tímasetning árlegs mælds og líkanreiknaðs hámarksrennslis, reiknað hámarksrennsli eru rauðir þríhyrningar, fyrir keyrslu frá vhm19, Dynjandisá, þar sem hæsta fylgni við árlegt hámarksrennsli náðist.

Til enn frekari samanburðar sýnir mynd 17 dagleg meðalgildi mælds og líkanreiknaðs vatnsrennslis úr keyrslu þar sem hæsti Nash-Sutcliffe stuðullinn,  $R^2$ , fékkst fyrir árlegt hámarksrennslis. Þar sést, líkt og á mynd 16, að þó að betur hafi náðst að líkja eftir vetrarflóðum, þá var rennslis annars ofmetið aðra hluta ársins. Við greiningu á hverju ári fyrir sig, reyndist ekki unnt að ná samsvörun milli líkanreiknaðs árlegs hámarksrennslis og hins mælda hámarksrennslis þar sem rennslis flesta daga ársins var ofmetið, að vetrardögum undanskildum.

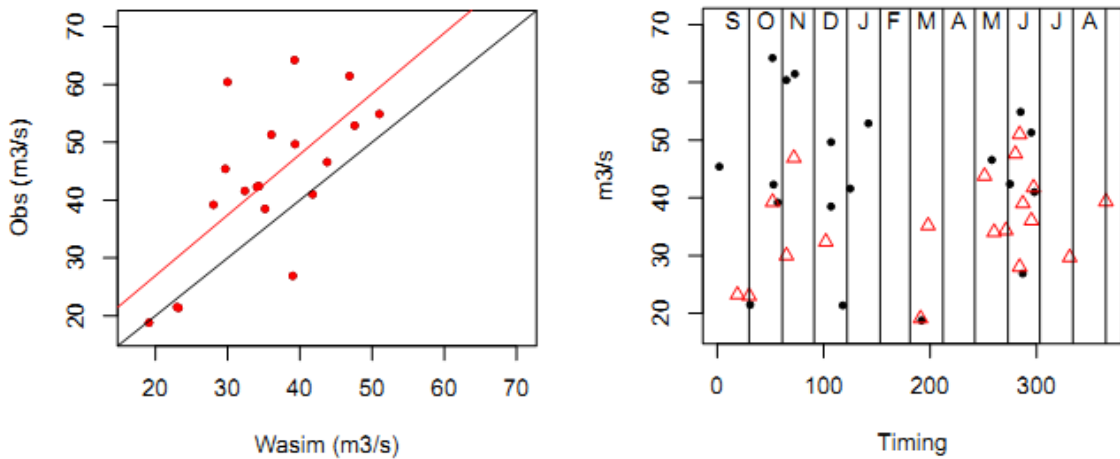


Mynd 17. Dagleg meðalgildi mælds (blátt) og líkanreiknaðs vatnsrennslis (grátt: þar sem mæld gögn eru til, rautt: lengdar rennslisráðir) fyrir keyrslu frá vhm19, Dynjandisá, þar sem hæsta fylgni við árlegt hámarksrennslis náðist.

Keyrslan sem valin var fyrir Dynjandisá úr hundruðum prófana (og lýst er á myndum 6, 7 og 14) er sú besta þegar tekið er tillit til margra þátta, á meðan keyrslan sem myndir 16 og 17 lýsa er aðeins sú besta að teknu tilliti til vetrarflóða. Því var sú síðarnefnda ekki valin.

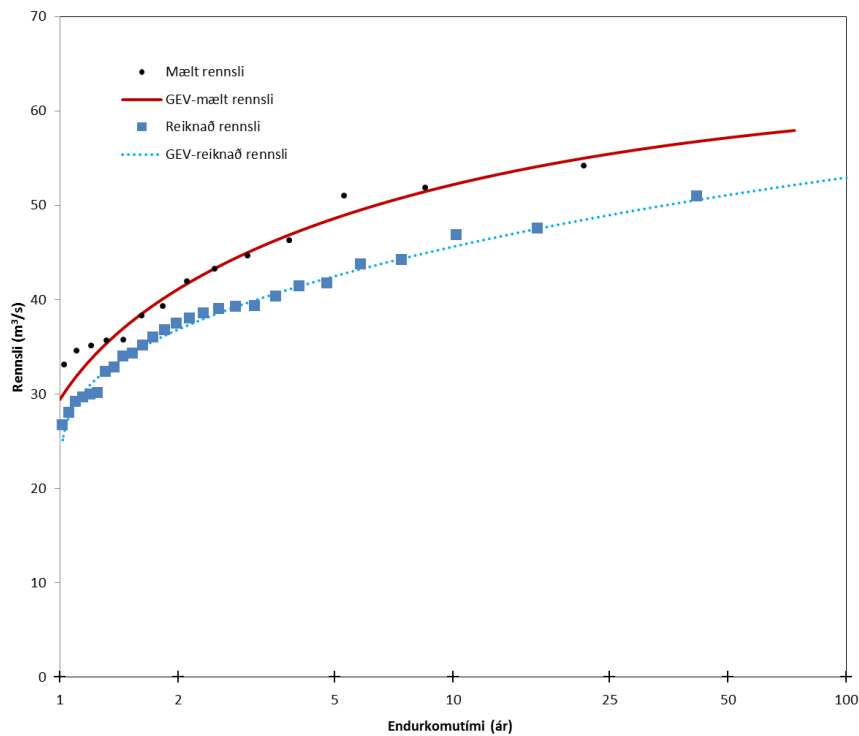
### Vatnsdalsá

Líkanið nær að herma vorflóðin vel þar sem reiknað hámarksrennslis kemur oftast fram að sumri til og er vegna snjóbráðunar, sjá mynd 18 til hægri. Mælt hámarksrennslis kemur oftast fram að vetri til og er vegna úrkomuatburða sem reyndist erfiðlega að líkja eftir.



Mynd 18. Til vinstri: Árlegt hámarksrennsli fyrir þau ár sem mæld gildi eru tiltæk, mælingar þar sem 15 eða fleiri daga vantar á ári eru merktar rauðar. Til hægri: Stærð og tímasetning árlegs mælds og líkanreiknaðs hámarksrennslis, reiknað hámarksrennsli eru rauðir þríhyrningar, fyrir vhm204, Vatnsdalsá.

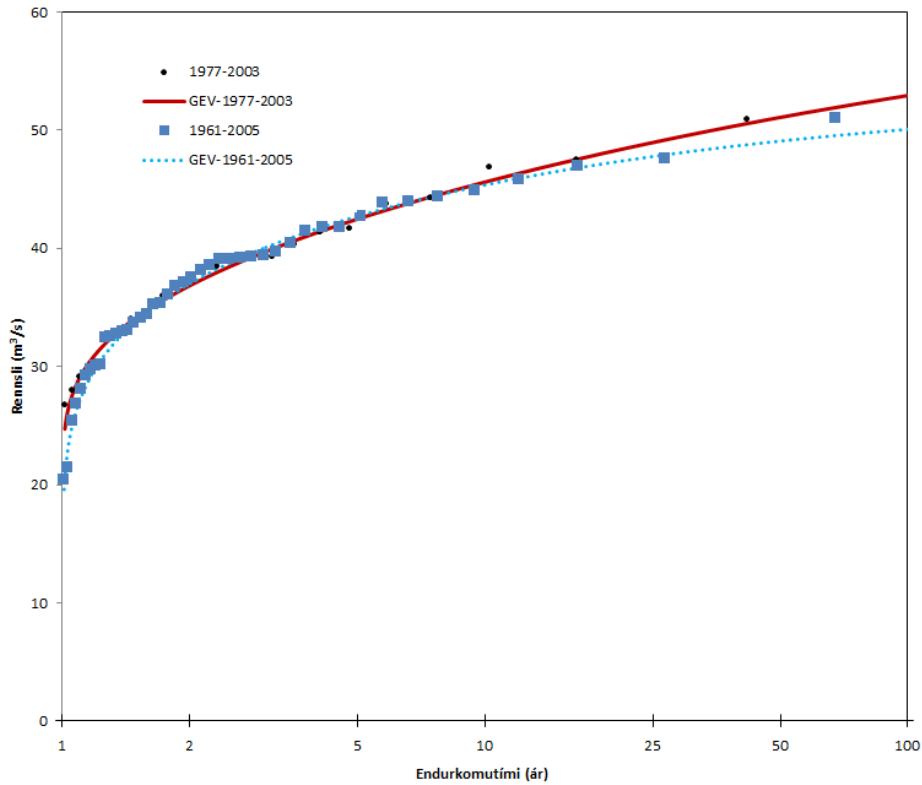
Mynd 19 sýnir niðurstöður flóðagreiningar fyrir Vatnsdalsá fyrir árin 1977–2003. Þó að reiknað hámarksrennsli nái ekki mældu hámarksrennsli þá sýnir flóðagreiningin að reiknað rennsli er mun nær flóðagreiningu mælda rennslisins en fyrir aðra vatnshæðarmæla. Fylgni-stuðullinn,  $R^2$ , er nokkuð lægri fyrir Vatnsdalsá en fyrir aðra vatnshæðarmæla, en á móti er reiknað hámarksrennsli nær mældu hámarksrennsli.



Mynd 19. Reiknað og mælt hámarksrennsli árin 1977–2003 fyrir vhm204, Vatnsdalsá.



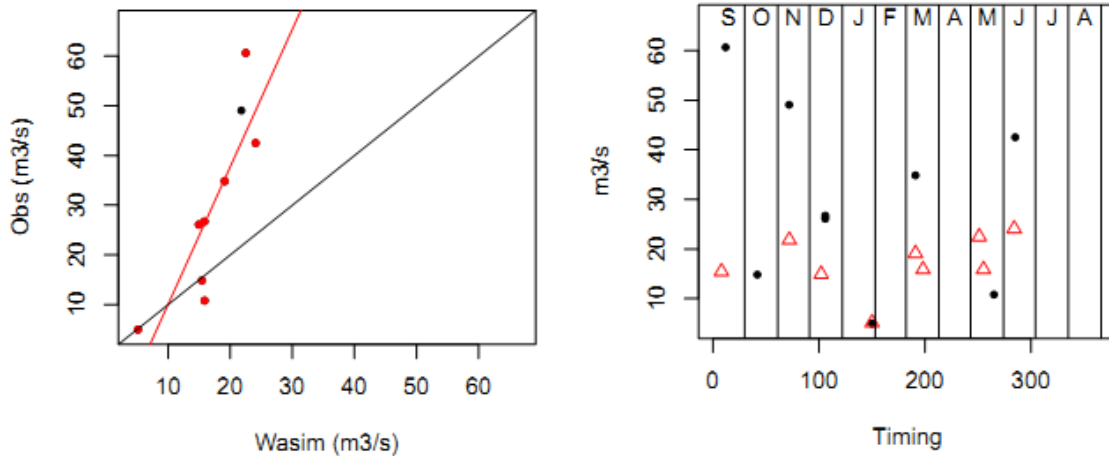
Með WaSiM vatnafræðilíkaninu er rennslisröðin lengd úr um 14 árum (þar sem skarð er í mælingum frá 1984 til 1996) í 45 ár og sýnir mynd 20 mismun þess hvernig tíðnigreiningin breytist með lengingu rennslisraðar. Lenging rennslisraðarinnar breytir ekki miklu hvað varðar flóðagreininguna.



Mynd 20. Reiknað hámarksrennsli árin 1977–2003 og 1961–2005 fyrir vhm204, Vatnsdalsá.

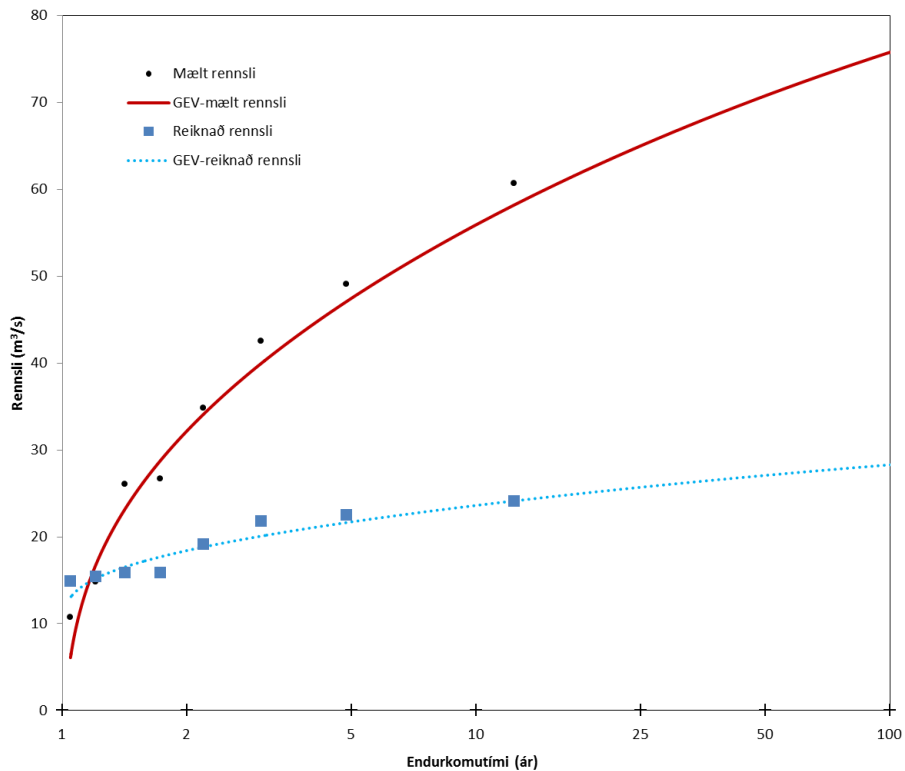
### Ísafjarðará

Reiknað hámarksrennsli kemur oftast fram að vori til og er vegna snjóbráðunar, sjá mynd 21 til hægri. Líkanið nær ekki að herma stærðina á mældu hámarksrennsli og gefa niðurstöður flóðagreininga lægri rennslisgildi fyrir reiknað rennsli en mælt. Ástæða þess er hve erfiðlega það reyndist að líkja eftir stærð rennslistoppa, einkum að vetri.



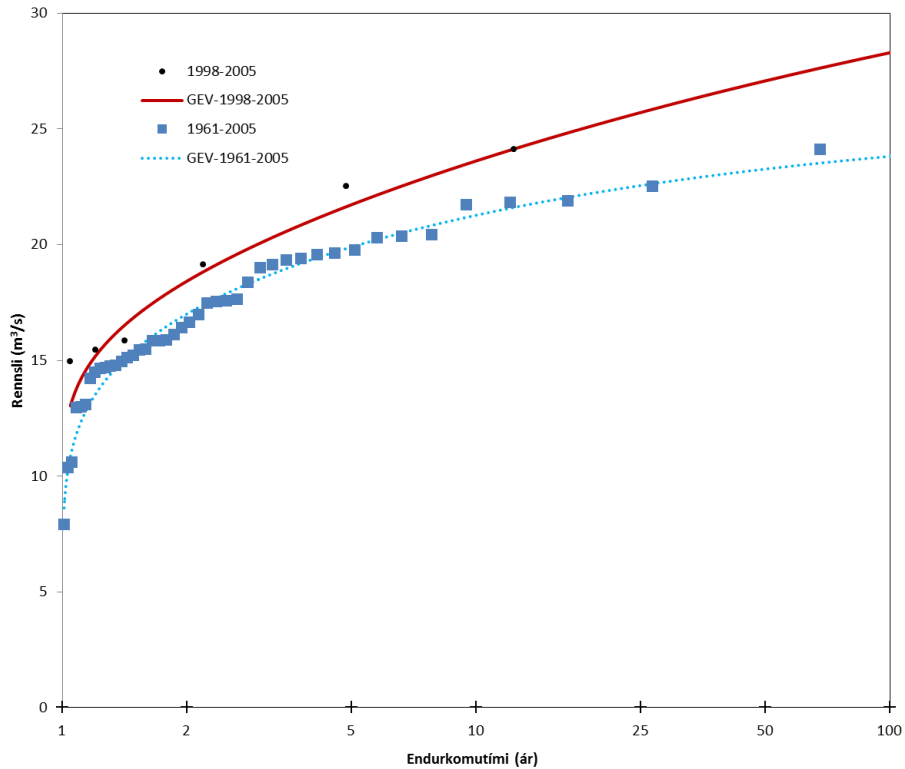
Mynd 21. Til vinstri: Árlegt hámarksrennsli fyrir þau ár sem mæld gildi eru tiltæk, mælingar þar sem 15 eða fleiri daga vantar á ári eru merktar rauðar. Til hægri: Stærð og tímasetning árlegs mælds og líkanreiknaðs hámarksrennslis, reiknað hámarksrennsli eru rauðir þríhyrningar, fyrir vhm365, Ísafjarðará.

Mynd 22 sýnir niðurstöður flóðagreiningar fyrir Ísafjarðará fyrir árin 1998–2005. Flóðagreiningin sýnir að reiknaða rennslið nær ekki að herma eftir stærstu mældu flóðtoppum á vatnasviðunum. Ástæðan fyrir því er að úrkomugögnin ná ekki að herma eftir aftaka úrkomu.



Mynd 22. Reiknað og mælt hámarksrennsli árin 1998–2005 fyrir vhm365, Ísafjarðará.

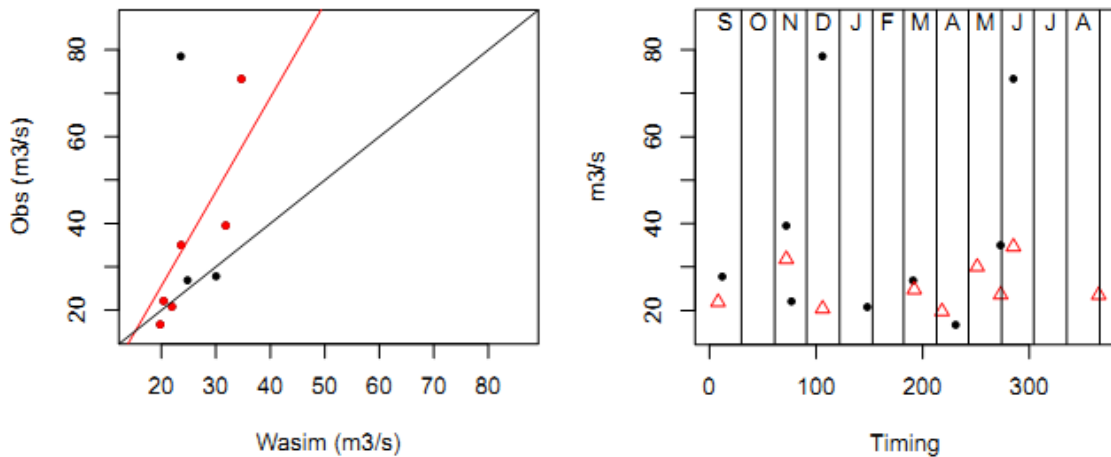
Með WaSiM vatnafræðilíkaninu er rennslisröðin lengd úr 8 árum í 45 ár og sýnir mynd 23 mismun þess hvernig flóðagreiningin breytist með lengingu rennslisraðar. Lengdar rennslisraðir gefa ekki hærri rennslisgildi fyrir tiltekinn endurkomutíma. Í rannsókninni er viss takmörkun á því hve há rennslisgildi líkanið getur gefið af sér vegna þess að lítil breytileiki er í hitastigsgögnum.



Mynd 23. Reiknað hámarksrennsli árin 1998–2005 og 1961–2005 fyrir vhm365, Ísafjarðará.

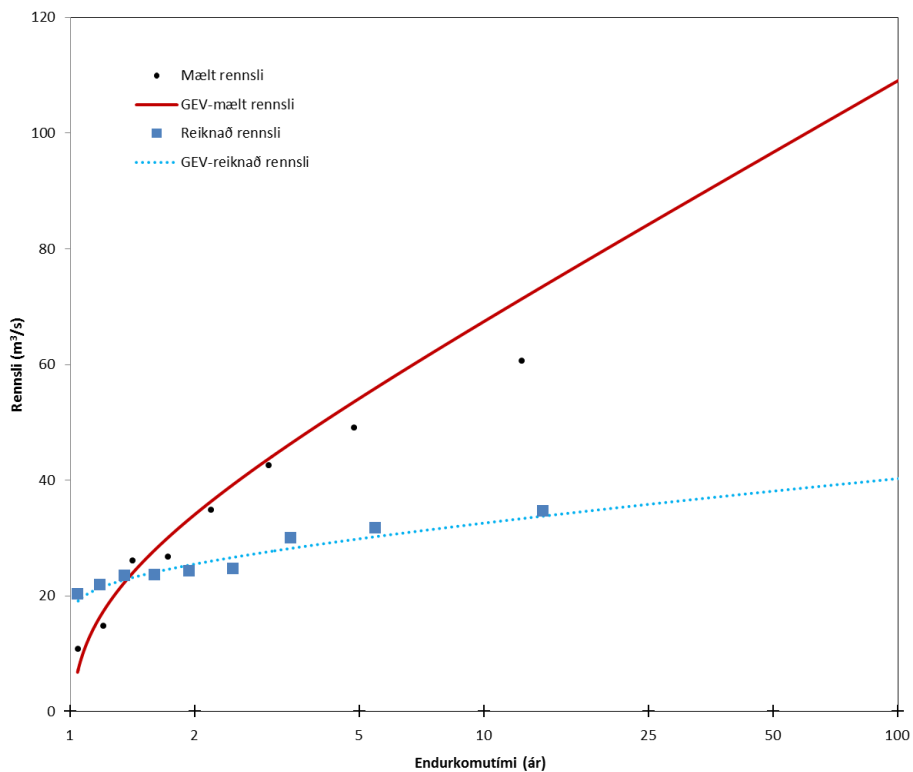
## Vattardalsá

Reiknað hámarksrennsli kemur oftast fram að sumri til og er vegna snjóbráðunar, sjá mynd 24 til hægrri. Líkanið nær ekki að herma stærðina á mældu hámarksrennsli og gefa niðurstöður flóðagreininga lægri rennslisgildi fyrir reiknað rennsli en mælt. Ástæða þess er hve erfiðlega það reyndist að líkja eftir stærð rennslistoppa, einkum að vetri.



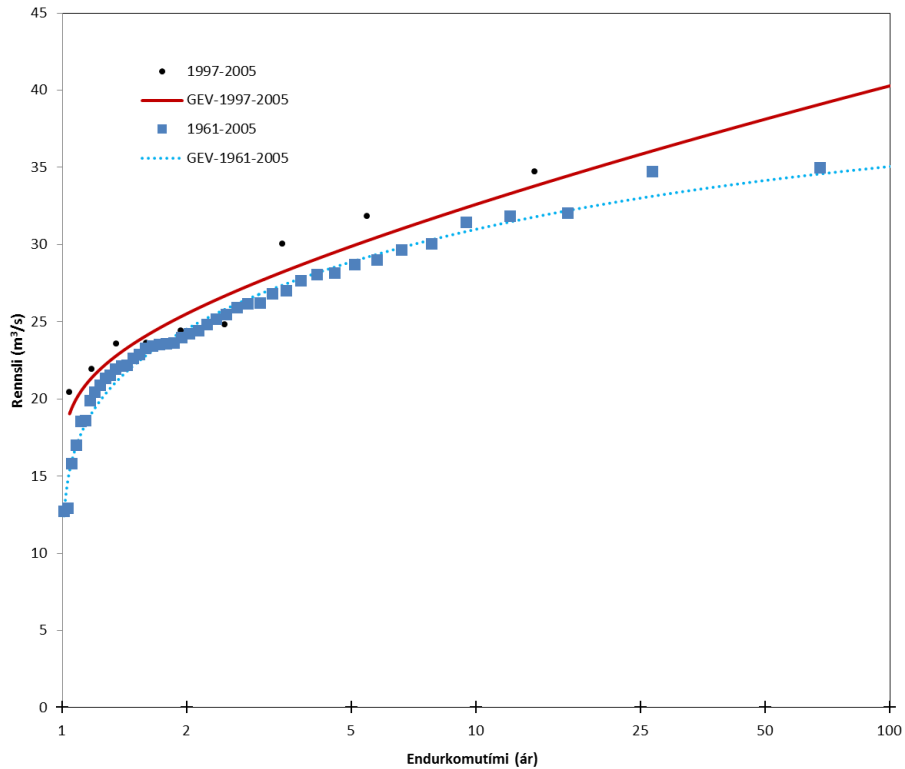
Mynd 24. Til vinstri: Árlegt hámarksrennsli fyrir þau ár sem mæld gildi eru tiltæk, mælingar þar sem 15 eða fleiri daga vantar á ári eru merktar rauðar. Til hægri: Stærð og tímasetning árlegs mælds og líkanreiknaðs hámarksrennslis, reiknað hámarksrennsli eru rauðir þríhyrningar, fyrir vhm400, Vattardalsá.

Mynd 25 sýnir niðurstöður tíðnigreiningar fyrir Vattardalsá fyrir árin 1997–2005. Tíðnigreiningin sýnir augljóslega að reiknaða rennslið nær ekki að herma eftir stærstu mældu flóðtoppum á vatnasviðunum. Ástæðan fyrir því er að úrkomugögnin ná ekki að herma eftir raun aftaka úrkomu.



Mynd 25. Reiknað og mælt hámarksrennsli árin 1997–2005 fyrir vhm400, Vattardalsá.

Með WaSiM vatnafræðilíkaninu er rennslisröðin lengd úr 9 árum í 45 ár og sýnir mynd 26 mismun þess hvernig flóðagreiningin breytist með lengingu rennslisraðar. Lengdar rennslisraðir gefa ekki hærri rennslisgildi fyrir tiltekinn endurkomutíma. Í rannsókninni er viss takmörkun á því hve há rennslisgildi líkanið getur gefið af sér vegna þess að lítil breytileiki er í hitastigsgögnum.



Mynd 26. Reiknað hámarks rennsli árin 1997–2005 og 1961–2005 fyrir vhm400, Vattardalsá.

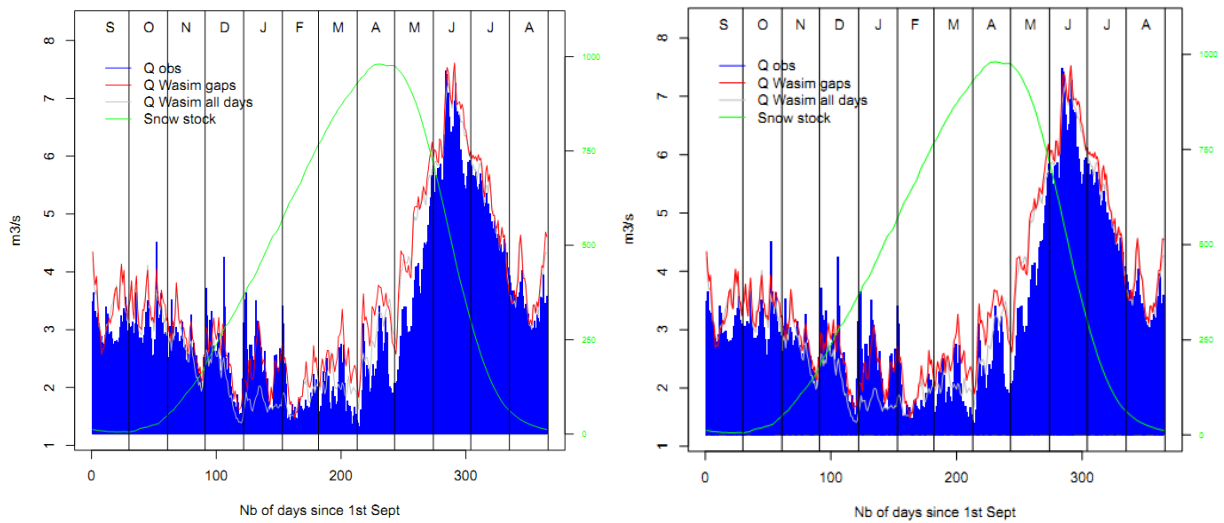
### 4.3 Samanburður kvarðaðra hjöðnunarstuðla

Hjöðnunarstuðlar fyrir Dynjandisá, Vatnsdalsá og Ísafjarðará voru kvarðaðir  $k_d = 48$  klst fyrir beint afrennsli og  $k_i = 96$  klst fyrir sigvatnsrennsli. Í tilfalli Vattardalsár var hjöðnunarstuðull 60 klst fyrir beint afrennsli og 120 klst fyrir sigvatnsrennsli.

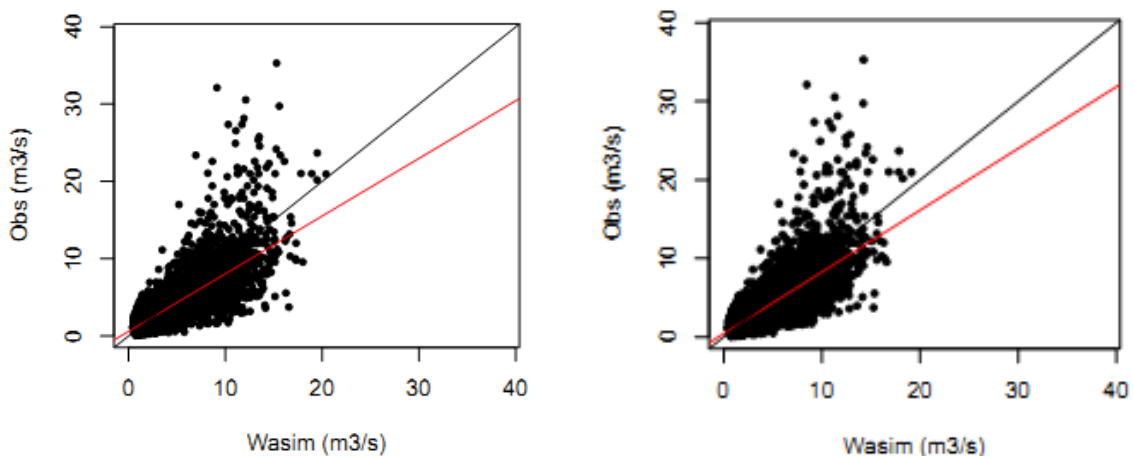
Hér eru keyrslur með ólíkum hjöðnunarstuðlum bornar saman. Eftir að bestu kvörðuðu keyrslu var lokið var keyrslan endurtekin með hjöðnunarstuðlum þeim sem kvarðaðir voru fyrir hin vatnasviðin. Þannig voru keyrslur fyrir Dynjandisá, Vatnsdalsá og Ísafjarðará endurteknar með hjöðnunarstuðlum Vattardalsár og keyrsla fyrir Vattardalsá endurtekin með hjöðnunarstuðlum hinna þriggja ána.

#### Dynjandisá

Mynd 27 sýnir samanburð daglegra mældra og reiknaðra meðalgilda fyrir Dynjandisá þar sem ólíkir hjöðnunarstuðlar eiga hlut að máli. Mynd 28 sýnir dreifingu mældra og reiknaðra gilda fyrir sömu á fyrir hina ólíku hjöðnunarstuðla.

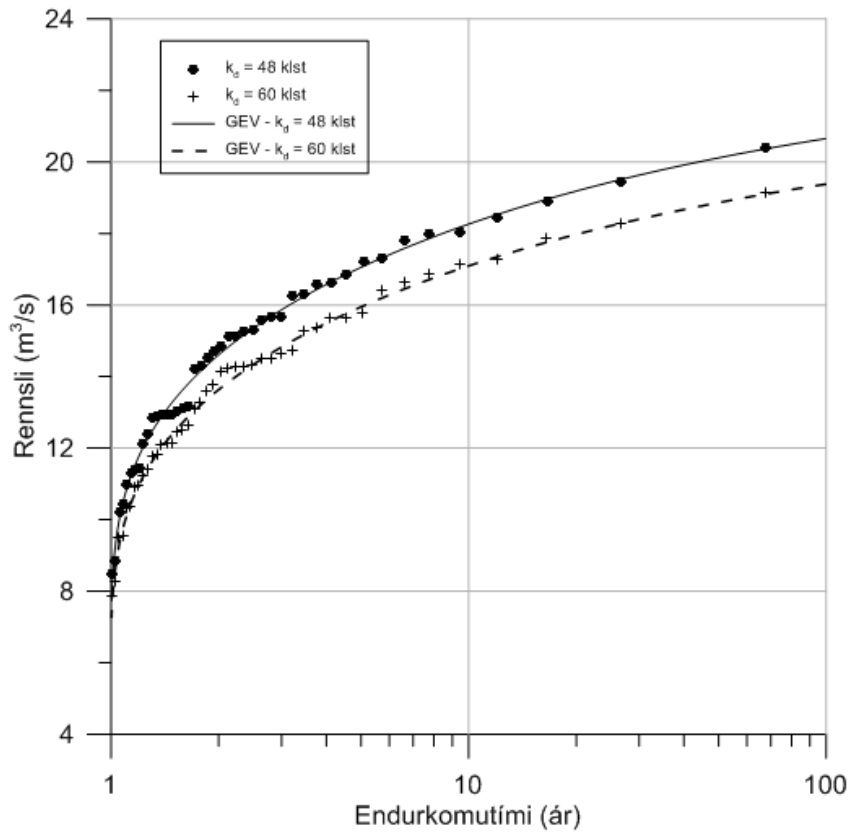


Mynd 27. Vatnsrit með daglegum mældum (rautt) og reiknuðum (blátt) meðalgildum fyrir vhm19, Dynjandisá. Til vinstri er  $k_d = 48$  klst og til hægri er  $k_d = 60$  klst.



Mynd 28. Samanburður daglegra mældra (y-ás) og reiknaðra (x-ás) meðalgilda fyrir vhm19, Dynjandisá. Til vinstri er  $k_d = 48$  klst og til hægri er  $k_d = 60$  klst.

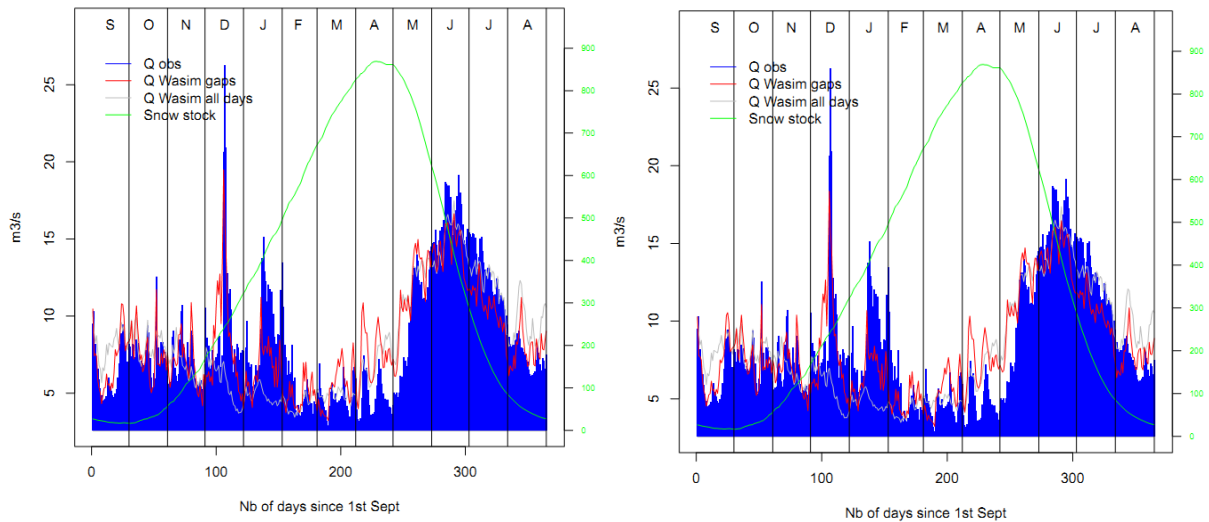
Fylgnistuðlarnir eru  $R^2 = 0,539$  þar sem  $k_d = 48$  klst (besta kvörðun) en  $R^2 = 0,573$  þar sem  $k_d = 60$  klst. Ekki má fylgja hærri fylgnistuðli í blindni því eins og sést á mynd 29 er unnt að herma hærri rennslisgildi ef stuðst er við  $k_d = 48$  klst þó að fylgnistuðull daglegra meðalgilda sé hærri fyrir  $k_d = 60$  klst. Á mynd 29 er líkindadreifingu flóða lýst með GEV dreifingu (e. General extreme value distribution). Af líkanreiknuðum líkindaferlum sést að munur á milli ólíkra hjöðnunarstuðla er ekki hár. Samkvæmt þessari næmigreiningu þá má álykta að þessir tveir ólíku hjöðnunarstuðlar gefi sambærilega niðurstöðu. Sem dæmi er rennsli með 100 ára endurkomutíma  $19,37 \text{ m}^3/\text{s}$  fyrir  $k_d = 48$  klst og  $20,65 \text{ m}^3/\text{s}$  fyrir  $k_d = 60$  klst. Mismunurinn er innan við 7% og telst ekki marktækur.



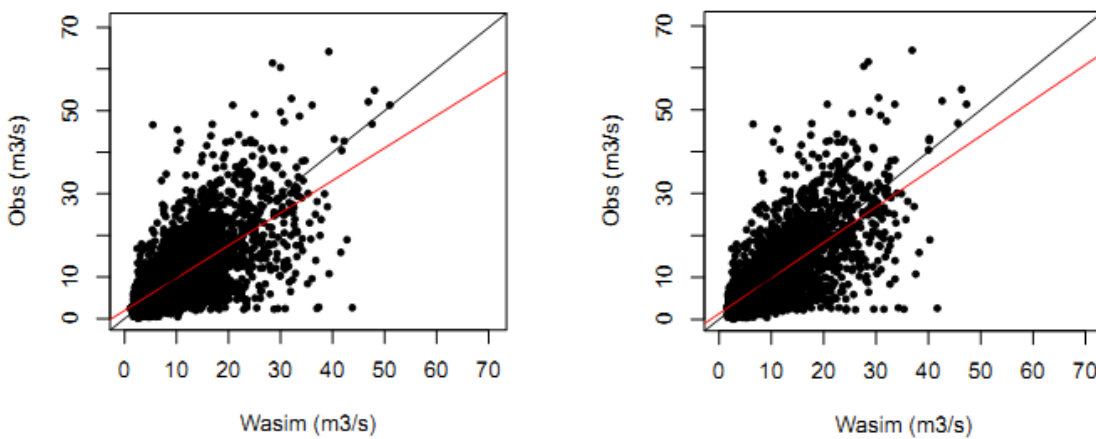
Mynd 29. Tíðnidreifing (General extreme value distribution, GEV) ólíkra hjöðnunarstuðla. Stuðlar fyrir vhm19, Dynjandisá ( $k_d = 48$  klst) og fyrir vhm400, Vattardalsá ( $k_d = 60$  klst).

### Vatnsdalsá

Mynd 30 sýnir vatnsrit daglegra meðalgilda fyrir Vatnsdalsá þar sem ólíkir hjöðnunarstuðlar eru bornir saman. Varla er sjáanlegur munur milli ólíkra hjöðnunarstuðla. Það sama má segja um mynd 31. Dreifing daglegra meðalgilda virðist ákaflega lík. Þó er fylgnistuðull svolítið hærri þar sem  $k_d = 60$  klst,  $R^2 = 0,521$  heldur en fyrir bestu keyrslu þar sem  $R^2 = 0,461$ . Hér er sem fyrr reynt að fanga hæstu rennslisgildi, ekki sem bestan vatnsjöfnuð.



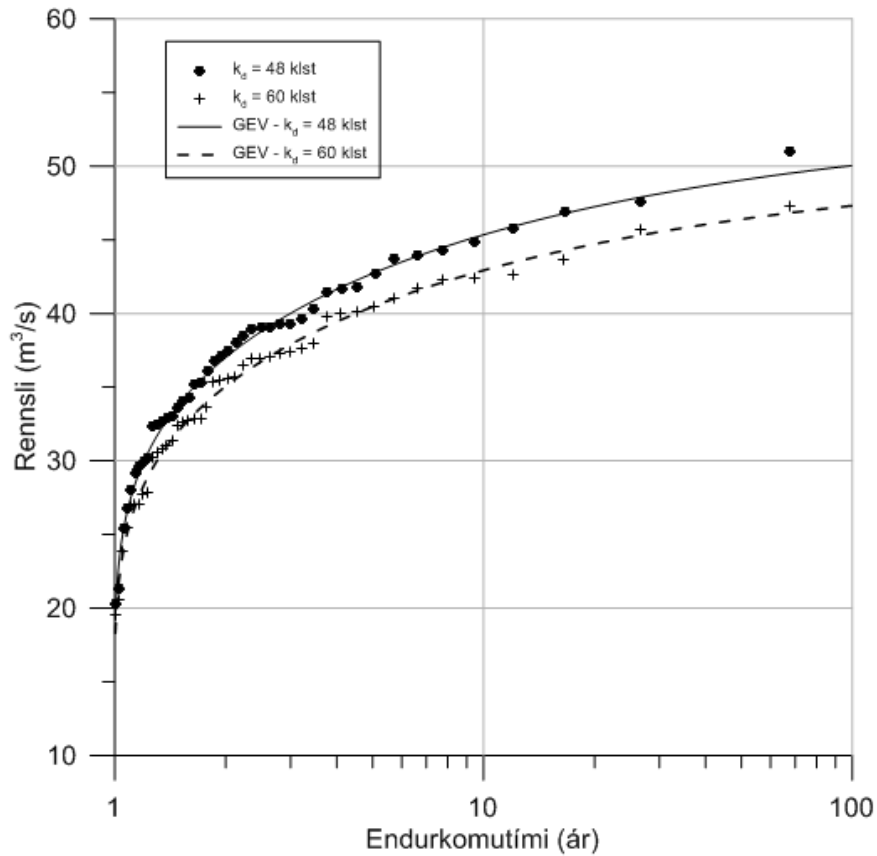
Mynd 30. Vatnsrit með daglegum mældum (rautt) og reiknuðum (blátt) meðalgildum fyrir vhm204, Vatnsdalsá. Til vinstri er  $k_d = 48$  klst og til hægri er  $k_d = 60$  klst.



Mynd 31. Samanburður daglegra mældra ( $y$ -ás) og reiknaðra ( $x$ -ás) meðalgilda fyrir vhm204, Vatnsdalsá. Til vinstri er  $k_d = 48$  klst og til hægri er  $k_d = 60$  klst.

Mynd 32 sýnir líkanreiknaða GEV líkindadreifingu flóða fyrir Vatnsdalsá. Mismunur hinna tveggja höðunarstuðla er ekki marktækur.



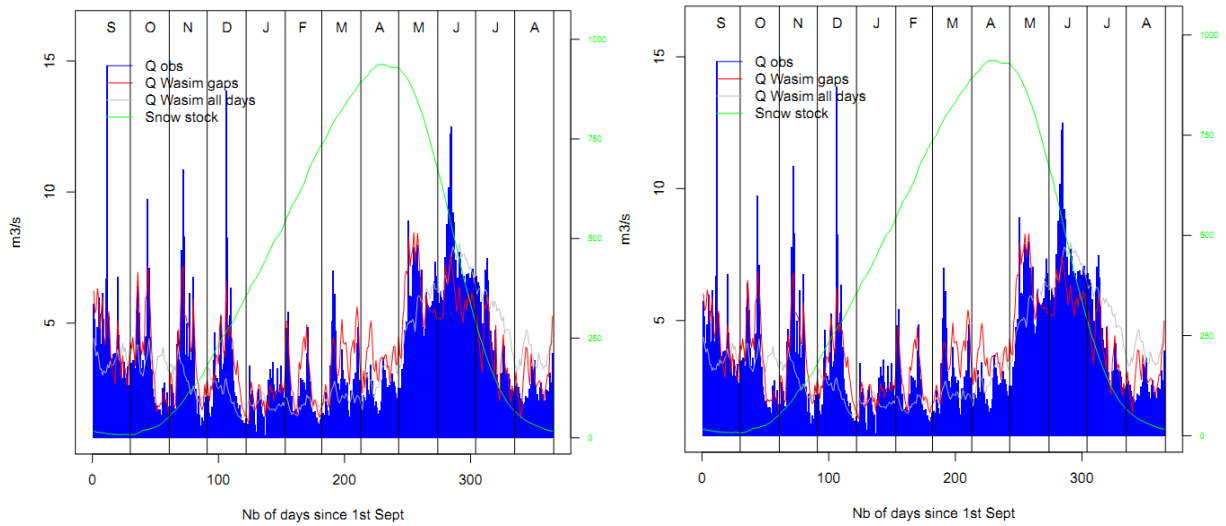


Mynd 32. Tíðnidreifing (General extreme value distribution, GEV) ólíkra hjöðnunarstuðla. Stuðlar fyrir vhm204, Vatnsdalsá ( $k_d = 48$  klst) og fyrir vhm400, Vattardalsá ( $k_d = 60$  klst).

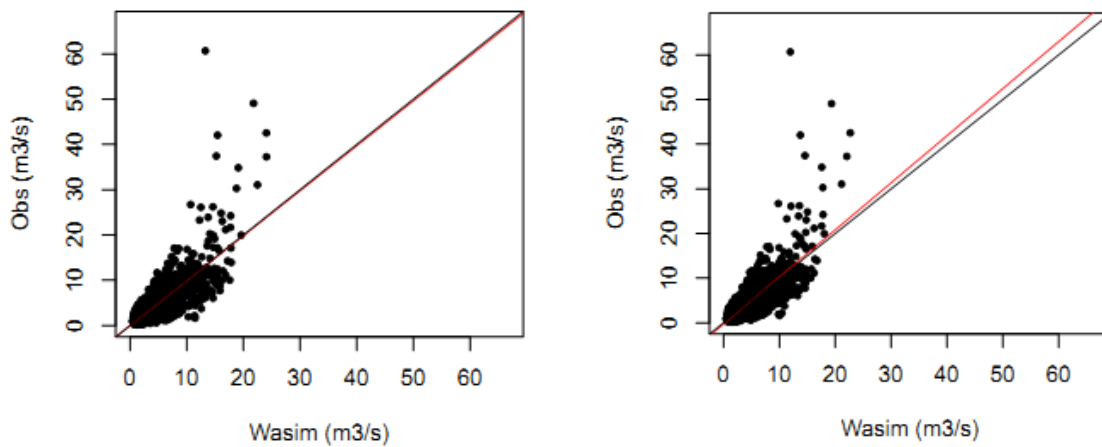
### Ísafjarðará

Mynd 33 sýnir samanburð líkanreiknaðra daglegra meðalgilda fyrir Ísafjarðará. Vart má sjá nokkuð frábrugðið hvort sem  $k_d = 48$  klst eða  $60$  klst. Hið sama má segja um mynd 34. Fylgnistuðlar eru nánast hinir sömu,  $R^2 = 0,636$  fyrir  $k_d = 48$  klst og  $R^2 = 0,637$  fyrir  $k_d = 60$  klst.

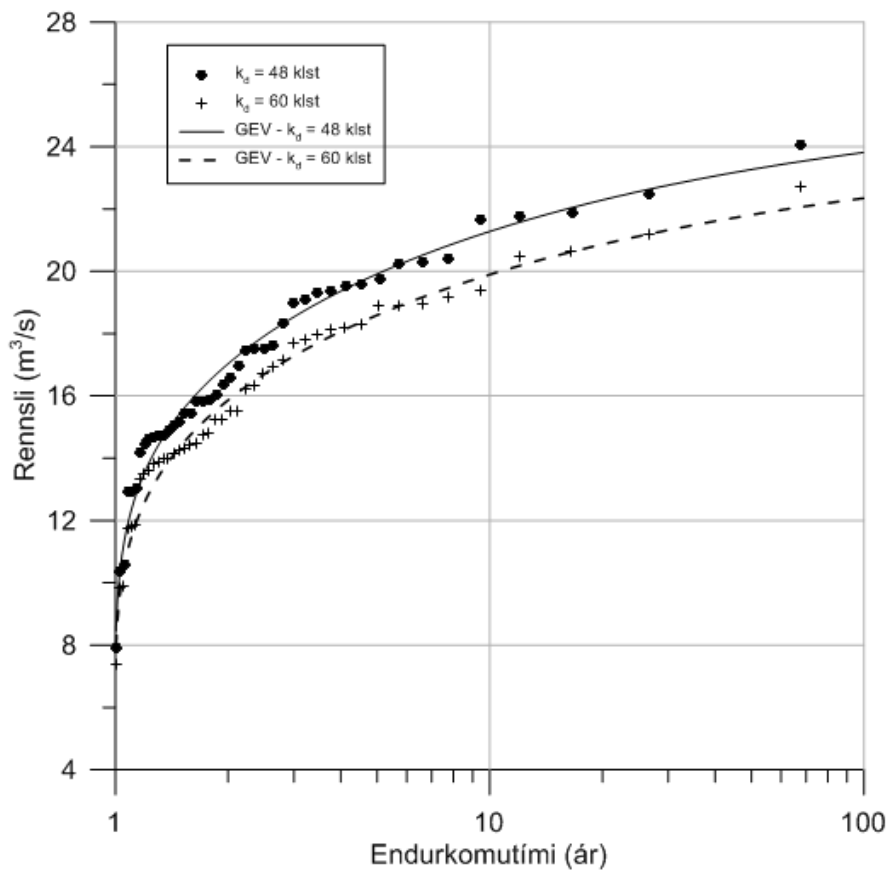
Mismunur milli keyrslna með þessa ólíku hjöðnunarstuðla er sjáanlegur á mynd 35 en sem fyrr segir verður þessi munur milli líkindadreifinga að teljast hverfandi.



Mynd 33. Vatnsrit með daglegum mældum (rautt) og reiknuðum (blátt) meðalgildum fyrir vhm365, Ísafjarðará. Til vinstri er  $k_d = 48$  klst og til hægri er  $k_d = 60$  klst.



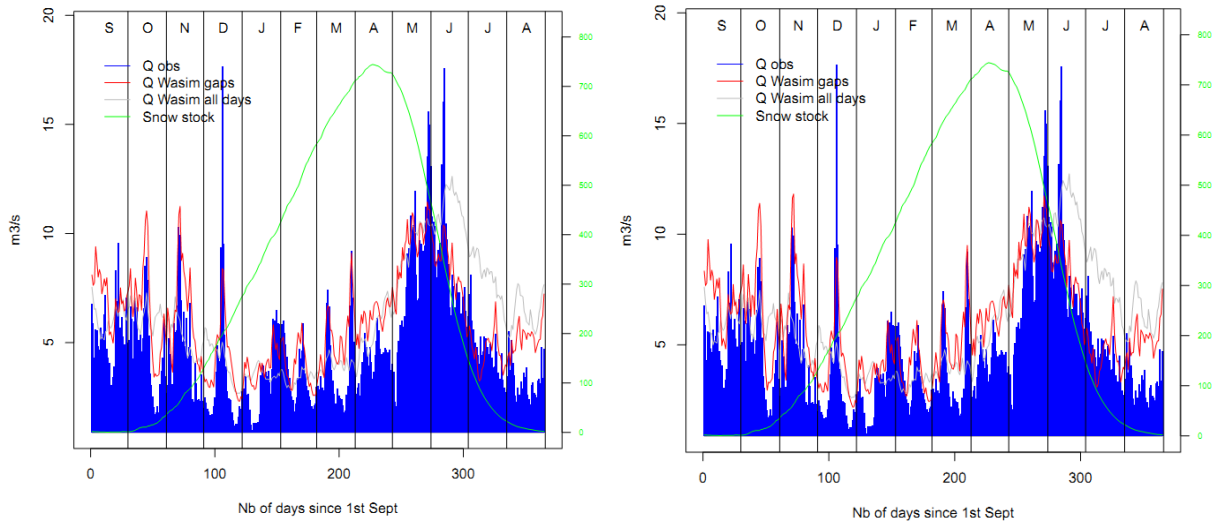
Mynd 34. Samanburður daglegra mældra ( $y$ -ás) og reiknaðra ( $x$ -ás) meðalgilda fyrir vhm365, Ísafjarðará. Til vinstri er  $k_d = 48$  klst og til hægri er  $k_d = 60$  klst.



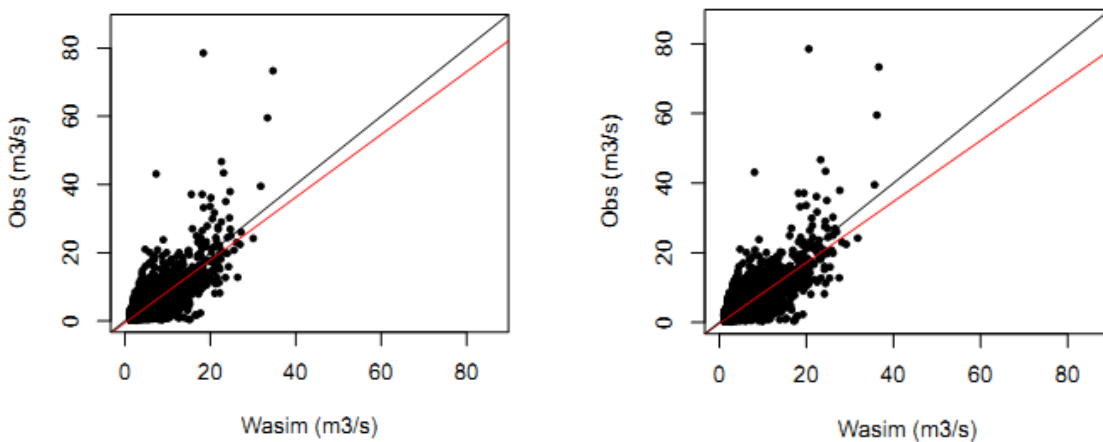
Mynd 35. Tíðnidreifing (General extreme value distribution, GEV) ólíkra hjöðnunarstuðla. Stuðlar fyrir vhm365, Ísafjarðará ( $k_d = 48$  klst) og fyrir vhm400 Vattardalsá ( $k_d = 60$  klst).

### Vattardalsá

Mynd 36 sýnir dagleg meðalgildi fyrir Vattardalsá. Hér reyndist  $k_d = 60$  klst gefa besta kvörðun og niðurstöður eru bornar saman við keyrslu með  $k_d = 48$  klst. Niðurstöður keyrslanna eru afar sambærilegar. Mynd 37 sýnir enn betur afar sambærilega fylgni hvort sem  $k_d = 60$  klst eða 48 klst. Í tilfelli  $k_d = 60$  klst er  $R^2 = 0,545$  en fyrir  $k_d = 48$  klst er  $R^2 = 0,544$ .

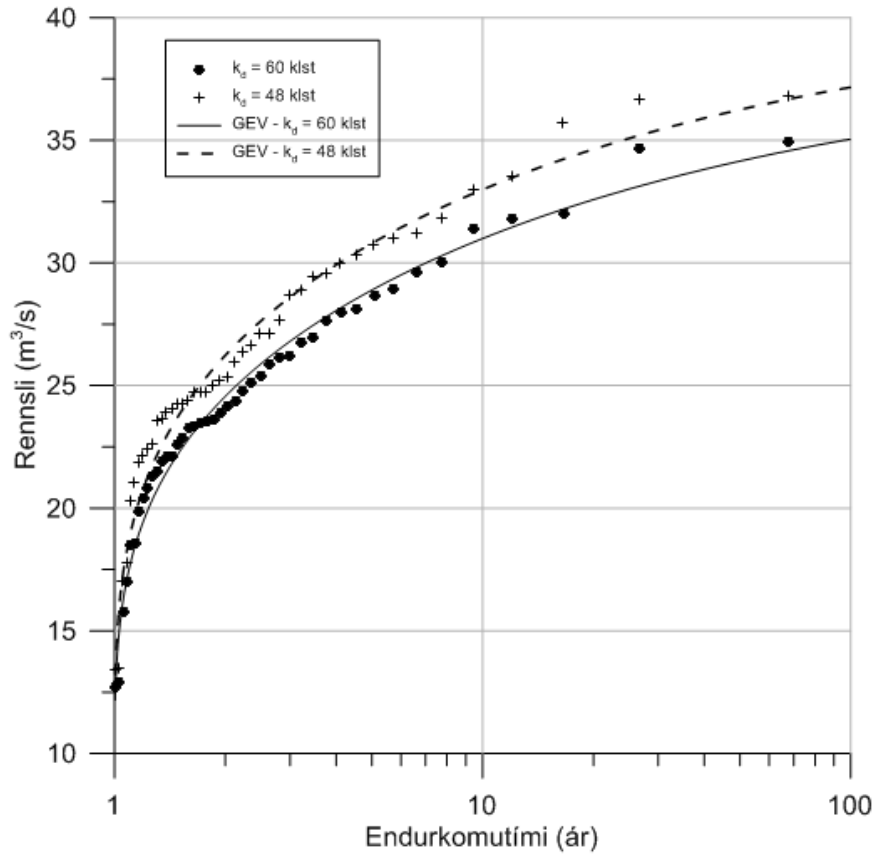


Mynd 36. Vatnsrit með daglegum mældum (rautt) og reiknuðum (blátt) meðalgildum fyrir vhm400, Vattardalsá. Til vinstri er  $k_d = 60$  klst og til hægri er  $k_d = 48$  klst.



Mynd 37. Samanburður daglegra mældra ( $y$ -ás) og reiknaðra ( $x$ -ás) meðalgilda fyrir vhm400, Vattardalsá. Til vinstri er  $k_d = 60$  klst og til hægri er  $k_d = 48$  klst.

Líkt og fyrir önnur vatnasvið greinist afar lítil munur milli GEV líkindadreifinga fyrir ólíka hjöðnunarstuðla í tilfalli Vattardalsár eins og sjá má á mynd 35. Hjöðnunarstuðlar eru ekki sérstaklega næmir fyrir ólíkum gildum. Frekari næmigreining þyrfti þó að eiga sér stað til að draga skýrari ályktanir.



Mynd 38. Tíðnidreifing (General extreme value distribution, GEV) ólíkra hjöðunarstuðla. Stuðlar fyrir vhm400, Vattardalsá ( $k_d = 60$  klst) og fyrir Dynjandisá / Vatnsdalsá / Ísafjarðará ( $k_d = 48$  klst).

## 5 Lokaorð

Nokkrar betrubætur á WaSiM líkaninu í þessari rannsókn gáfu góða raun. Ný nálgun við útreikninga á uppgufun (e. evapotranspiration) gaf betri niðurstöður þar sem nálgun Penman-Monteith var nýtt í stað nálgunar Hamon í fyrri rannsóknum. Í þessu verkefni var tekið mið af því að jörð er frosin yfir vetrarmánuði sem leiðir af sér að úrkoma í formi rigningar að vetri skilar sér hratt og ákaft út í vatnsföllin. Unnt reyndist að nota gögn fyrir úrkomu og hitastig í hærri upplausn en í fyrri rannsóknum Veðurstofu Íslands (og áður Vatnamælinga Orkustofnunar) með WaSiM líkaninu.

WaSiM líkanið náði að líkja ágætlega eftir mældu rennsli í vatnsföllunum fjórum. Líkanið lýsti vel afrennsli vegna snjóbráðunar að sumri og einnig náði líkanið að tímasetja flóð vel. Samanburður líkanreiknaðra og mældra rennslisraða sýnir að erfiðara reyndist að ná stærðargráðu flóða á veturna, sem eru til komin vegna rigninga, en ágætlega gekk að líkja eftir leysingum að sumri.

Allir þeir hjöðunarstuðlar fyrir beint afrennsli og fyrir sigvatnsrennsli sem kvarðaðir voru, voru prófaðir fyrir öll vatnasviðin, þ.e. skipst var á stuðlum milli vatnasviða. Niðurstöður gefa til kynna að hjöðunarstuðlar séu ekki viðkvæmar breytur þegar til flóðagreiningar vatnsfalla kemur.

Lengdar rennslisraðir gefa ekki mikið hærri rennslisgildi fyrir tiltekinn endurkomutíma. Í rannsókninni er viss takmörkun á því hve há rennslisgildi líkanið getur gefið af sér vegna þess að ekki er nægilegur breytileiki í hitastigsgögnum. Meiri breytileiki er mögulegur í úrkomugögnum og þau inntaksgögn þyrfti að skoða nánar. Stöðugt er unnið að bættum úrkomulíkönum hjá Veðurstofu Íslands.

Vegna þess að erfiðara reyndist að líkja eftir stærð rennslistoppa, einkum að vetri, gefa niðurstöður flóðagreininga heldur lægri rennslisgildi í tilfelli líkanreiknaðra rennslisraða heldur en fyrir mæld rennslisgildi. Besta samræmi milli mælds og reiknaðra rennslisgilda fást í flóðagreiningu Vatnsdalsár. Vatnasvið hennar er stærst vatnasviða rannsóknarinnar og það kann að hafa áhrif á niðurstöðuna. Niðurstöðurnar gefa tilefni til að rannsaka stærri vatnasvið en hér hefur verið gert.

Í samanburðarprófunum tókst WaSiM líkaninu ágætlega að líkja eftir bröttum flóðatoppum að vetri en stuðlasetning við þær prófanir reyndist ófullnægjandi fyrir aðrar árstíðir og ofmat þá m.a. sumarflóð. Frekari rannsókna er þörf til að skilgreina enn betur orsakapætti vetrarflóða og til að finna stuðla sem henta fyrir þessa fáu flóðaatburði að vetri, en séu í senn raunhæfir.

Frekari rannsóknir þurfa að fara fram til að leiða út samband milli flóðagreininga mældra og líkanreiknaðra rennslisraða. Kanna þarf eiginleika WaSiM enn frekar, t.d. hvað varðar eiginleika líkansins til að líkja eftir sífrera og nýta þann eiginleika á veturnum til að herma frosna jörð.

Niðurstöður eru engu að síður hvetjandi til að halda áfram og nýta WaSiM til að kvarða afrennsli af vatnasviðum þar sem vatnshæðarmælur eru ekki fyrir hendi.

Rannsóknin sýnir nauðsyn reksturs vatnshæðamæla. Mikilvægt er að samfelldum mælingum sé safnað. Líkön verða betri og betri en ekki þýðir að treysta á þau án kvörðunar við raunverulegar mælingar.

## **Þakkir**

Verkefnið var styrkt af Rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar og Veðurstofu Íslands. Höfundar þakka sérstaklega Bergi Einarssyni fyrir góða aðstoð við vatnafræðilíkanið WaSiM. Boga Brynjari Björnssyni og Esther Hlíðar Jensen eru færðar þakkir fyrir aðstoð við úrvinnslu landfræðilegra gagna og kortagerðar og Kristjönu G. Eyþórsdóttur vegna úrvinnslu eldri vatnamælingagagna. Að lokum þakka höfundar Emmanuel Pagneux, Oddi Sigurðssyni og Tómasi Jóhannessyni fyrir áhugaverðar umræður, hugmyndir og ábendingar á meðan á verkefninu stóð.





## Heimildir

- Árni Hjartarson (1994). *Vatnafarskort og grunnvatnaskortlagning*. Óútgefin meistaraþrófsritgerð, Háskóli Íslands, Reykjavík.
- Bergur Einarsson & Sveinbjörn Jónsson (2010a). *Improving groundwater representation and the parameterization of glacial melt and evapotranspiration in applications of the WaSiM hydrological model within Iceland*. Greinargerð BE/SJ-2010-017. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Bergur Einarsson & Sveinbjörn Jónsson (2010b). *Virkjun grunnvatnshluta vatnafræðilíkansins WaSiM, auk samanburðar við stakar rennismælingar og stuttar rennislisraðir*. Greinargerð BE/SJ-2010-01. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Björnsson, H., Ólason, E. Ö., Jónsson, T. & Henriksen, S. (2007). “Analysis of a smooth seasonal cycle with daily resolution and degree day maps for Iceland.” *Meteorolog. Zeitschrift*, 16(1), 057–069.
- Crochet, P., Jóhannesson, T., Jónsson, T., Björnsson, H., Pálsson, F. & Barstad, I. (2007). “Estimating the Spatial Distribution in Iceland Using a Linear Model of Orographic Precipitation.” *Journal of Hydrometeorology*, 8, 1285–1306.
- Crochet, P. & Jóhannesson, T. (2011). „A data set of gridded daily temperature in Iceland for the period 1949–2010“. *Jökull*, 61, bíður prentunar.
- Haukur Jóhannesson & Kristján Sæmundsson (1998). *Jarðfræðikort af Íslandi. 1:500.000. Bergrunnur*. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands (2. útgáfa).
- Jón Ingimarsson & Freysteinn Sigurðsson (1987). „Lekt íslenskra jarðefna.“ Í Kristinn Einarsson (ritstj.), *Vatnið og landið. Ágrip erinda* (bls. 66-69). Reykjavík: Orkustofnun.
- Jóna Finndís Jónsdóttir & Bergur Einarsson (2006). *Nýtt mat á afrennsli landsins, frumniðurstöður*. Skýrsla JFJ-BEE-2006/01. Reykjavík: Orkustofnun.
- Jónsdóttir, J. F. (2008). „A runoff map based on numerically simulated precipitation and a projection of future runoff in Iceland“. *Hydrological Sciences Journal*, 53(1), 100–111.
- Rögnvaldsson, Ó., Jónsdóttir, J. F. & Ólafsson, H. (2007). “Numerical simulations of precipitation in the complex terrain of Iceland – Comparison with glaciological and hydrological data.” *Meteorologische Zeitschrift*, 16(1), 071–085.
- Schulla, J. & Jasper, K. (2007). *Model description WaSiM-ETH*. Sótt 20.09.2010 á [http://wasim.ch/products/wasim\\_description.htm](http://wasim.ch/products/wasim_description.htm).
- Tómas Jóhannesson, Guðfinna Aðalgeirsdóttir, Helgi Björnsson, Philippe Crochet, Elías B. Elíasson, Sverrir Guðmundsson, Jóna Finndís Jónsdóttir, Haraldur Ólafsson, Finnur Pálsson, Ólafur Rögnvaldsson, Oddur Sigurðsson, Árni Snorrason, Óli Grétar Blöndal Sveinsson & Thorsteinn Thorsteinsson (2007). *Effect of climate change on hydrology and hydro-resources in Iceland*. Skýrsla OS-2007/011. Reykjavík: Orkustofnun.