

Hættumat vegna vatnsflóða í Ölfusá



Hættumat vegna vatnsflóða í Ölfusá

Emmanuel Pagneux, Matthías Á. Jónsson, Bogi B. Björnsson, Sif Pétursdóttir,
Njáll F. Reynisson, Hilmar B. Hróðmarsson, Bergur Einarsson og Matthew J. Roberts

Skýrsla nr. VÍ 2019-013	Dags. Desember 2019	ISSN: 1670-8261	Opin ☒ Lokuð ☐ Skilmálar:
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Hættumat vegna vatnsflóða í Ölfusá			Úpplag: 20 Fjöldi síðna: 67
			Framkvæmdastjóri sviðs: Jórunn Harðardóttir
Höfundar: Emmanuel Pagneux, Matthías Á. Jónsson, Bogi B. Björnsson, Sif Pétursdóttir, Njáll F. Reynisson, Hilmar B. Hróðmarsson, Bergur Einarsson og Matthew J. Roberts			Verkefnisstjórar: Emmanuel Pagneux og Matthew J. Roberts
			Verknúmer: 4711-0-0003
Gerð skýrslu/verkstíg: Lokaskýrsla			Málsnúmer: 2018-0193
Unnið fyrir: Ofanflóðasjóð			
Samvinnuaðilar:			
Útdráttur: Skýrslan gefur yfirlit yfir mat á hættu vegna vatnsflóða í Hvítá í Árnessýslu og Ölfusá. Flatarmál þess svæðis sem hættumatið nær yfir er 800 km², frá og með Auðsholtshverfi þar sem Tungufljót, Litla-Laxá og Stóra-Laxá sameinast við Hvítá, niður til ósa Ölfusár. Gerð er grein fyrir vatnsflóðum við vatnshæðarmæli 64 á Selfossi með 25, 100 og 200 ára endurkomutíma sem og flóðum af völdum ísstíflna sem geta, samkvæmt sögulegum gögnum, haft meiri útbreiðslu á ákveðnum svæðum en 200 ára vatnsflóð. Útbreiðsla flóðasviðsmynda og tjónmætti flóðvatns voru metin.			
Lykilorð: Hættumat, vatnsflóð, endurkomutími, ísstífluflóð, Ölfusá, Hvítá í Árnessýslu, Selfoss, straumfræðilíkan, GeoClaw, ArcticDEM.		Undirskrift framkvæmdastjóra sviðs: 	
		Undirskrift verkefnisstjóra: 	
		Yfirfarið af: SG, ÁSn, DE, TP	

Efnisyfirlit

Töfluskrá.....	6
Myndaskrá.....	6
Kortaskrá.....	7
Ágrip	9
Abstract.....	9
1 Inngangur	11
2 Hættumatssvæði.....	11
3 Yfirlit yfir söguleg flóð	15
3.1 Orsök og tíðni.....	15
3.2 Flóðslétta	18
3.2.1 Rennslisleiðir	18
3.2.2 Útbreiðsla flóðs í desember 2006.....	18
3.2.3 Útbreiðsla ísstífluflóða.....	20
3.3 Rennsli	20
3.3.1 Rennslislykill	20
3.3.2 Árlegt hámarksrennsli og endurkomutími	22
3.4 Áhrif loftslagsbreytinga	27
4 Hermanir	28
4.1 Val á viðmiðunarflóðum	28
4.2 Hæðargögn.....	28
4.2.1 Hermun ísstífluflóða með breytingum á landlíkani.....	29
4.3 Straumfræðilíkan.....	29
4.3.1 Hríffisstuðull flóðasléttu.....	30
4.3.2 Kvörðun straumfræðilíkans.....	31
4.3.3 Flóðaferlar.....	32
4.3.4 Landbrot og rof	34
4.3.5 Írennsli	34
4.4 Tjónmætti flóðvatns	34
4.5 Úttaksgögn	35
5 Helstu niðurstöður.....	37
5.1 Flóð með áætlaðan endurkomutíma	37
5.1.1 Útbreiðsla.....	37
5.1.2 Vatnshæð.....	38

5.1.3	Hámarksrennsli.....	38
5.2	Ísstífluflóð	47
5.3	Mögulegar afleiðingar	52
5.3.1	Byggingar og vegakerfi	52
6	Ábendingar	55
7	Þakkir	56
8	Heimildir	57
8.1	Sérkort	59
	Viðauki I.....	61
	Viðauki II	64

Töfluskrá

Tafla 1.	Helstu þverár innan vatnasviðs Ölfusár.	11
Tafla 2.	Helstu vatnshæðarmælar innan hættumatssvæðisins	12
Tafla 3.	Þekktir ísstíflustaðir sem hafa haft áhrif á útbreiðslu flóða	16
Tafla 4.	Hámarksrennsli og endurkomutími stærstu flóða	25
Tafla 5.	Mat á rennsli flóða með mismunandi endurkomutíma.	26
Tafla 6.	Mat á rennsli flóðs með 200 ára endurkomutíma.....	26
Tafla 7.	Hæðargögn sem nýtt voru í líkanreikningum	29
Tafla 8.	Gildi Manningsstuðuls fyrir graslendi, ræktað land og kjarrlendi	31
Tafla 9.	Kvarði yfir tjónmætti flóða	35
Tafla 10.	Útreiknað hámarksrennsli 25, 100 og 200 ára flóða	46
Tafla 11.	Vegir innan flóðasléttu, flokkaðir eftir flóðatilfellum.....	54

Myndaskrá

Mynd 1.	Vatnasvið Ölfusár	13
Mynd 2.	Yfirlit yfir svæðið sem hættumatið nær yfir	14
Mynd 3.	Dreifing flóða á tímabilinu 1825–2018, eftir árstíð og orsökum	15
Mynd 4.	Tengsl milli myndunar ísstíflu og hækkaðs vatnsborðs í flóði	16
Mynd 5.	Flóðslétta, helstu rennislísiðir og þekktir ísstíflustaðir	17
Mynd 6.	Horft yfir þjóðveginn í flóðinu í mars 1948, austan við Skeggjastaði.	19

Mynd 7. Horft yfir Þóristún 7–17 (Selfossi), í flóðinu í febrúar 1968.....	19
Mynd 8. Gildandi rennslislykill fyrir vatnshæðarmæli 64, gildir frá 1.10. 2007.....	21
Mynd 9. Mesta augnabliksrennsli (m^3/s) hvers árs við vatnshæðarmæli 64.....	22
Mynd 10. Endurkomutími 200 ára flóðs metinn út frá mældu rennsli við vhm 64.....	23
Mynd 11. Mesta augnabliksrennsli (m^3/s) hvers árs við vatnshæðarmæli 64.....	24
Mynd 12. Endurkomutími 200 ára flóðs metinn út frá mældu rennsli við vhm 64.....	25
Mynd 13. Dreifing hæðargagna sem nýtt voru við gerð landlíkans.....	30
Mynd 14. Samanburður æstæðra GeoClaw líkanreikninga og núgildandi rennslislykils.....	32
Mynd 15. Rennslisferill flóðs í desember 2006.....	33
Mynd 16. Landbrot og rof.....	34
Mynd 17. Uptakasvæði og reiknistaðir rennslis hermdra flóða.....	36
Mynd 18. Útreiknað hámarksrennsli og útbreiðsla flóða við Selfoss.....	43
Mynd 19. Útreiknaðar vatnshæðir við Selfoss.....	46
Mynd 20. Útbreiðsla flóðs af völdum ísstíflu við Krítutanga.....	48
Mynd 21. Útbreiðsla flóðs af völdum ísstíflu við Kiðjaberg.....	49
Mynd 22. Útbreiðsla flóðs af völdum ísstíflu við Langatanga.....	50
Mynd 23. Útbreiðsla flóðs af völdum ísstíflu við Kaldaðarnes.....	51

Kortaskrá

Sérkort 1. Líkanreiknuð flóðslétta.....	39
Sérkort 2. Útbreiðsla 25, 100 og 200 ára flóða við Auðsholtshverfi.....	40
Sérkort 3. Útbreiðsla 25, 100 og 200 ára flóða á Skeiðum.....	41
Sérkort 4. Útbreiðsla 25, 100 og 200 ára flóða milli Hestfjalls og Selfoss.....	42
Sérkort 5. Útbreiðsla 25, 100 og 200 ára flóða við Ölfusárós.....	44
Sérkort 6. Útbreiðsla 25, 100 og 200 ára flóða við Stokkseyri.....	45
Sérkort 7. Tjónmætti flóðvatns.....	53

Ágrip

Skýrslan gefur yfirlit yfir mat á hættu vegna vatnsflóða í Hvítá í Árnessýslu og Ölfusá. Flatar-mál þess svæðis sem hættumatið nær yfir er 800 km², frá og með Auðsholtshverfi þar sem Tungufljót, Litla-Laxá og Stóra-Laxá sameinast við Hvítá niður til ósa Ölfusár. Gerð er grein fyrir vatnsflóðum við vatnshæðarmæli 64 á Selfossi með 25, 100 og 200 ára endurkomutíma (metið út frá mældu hámarksrennsli frá 1951–2016) sem og flóðum af völdum ísstíflna sem geta, samkvæmt sögulegum gögnum, haft meiri útbreiðslu á ákveðnum svæðum en 200 ára vatnsflóð. Hér er um að ræða ísstífluflóð af svipaðri gerð og flóðin sem áttu sér stað í janúar árið 1983 við Kaldaðarneshverfi, og yfir Sorta í febrúar árið 1984 og í janúar árið 2001. Tvívíða straumfræðilíkanið GeoClaw og landlíkan í 10 m upplausn eru notuð í hermunum. Útbreiðsla flóðasviðsmynda og tjónmætti flóðvatns eru athuguð. Niðurstöður rannsóknarinnar gefa til kynna að 230 km² af landi geti orðið fyrir áhrifum flóða, þar af 6 km² fyrir áhrifum ísstífluflóða. Margar byggingar eru, í heild eða að hluta, innan flóðsléttunnar. Til dæmis eru þar 80 km af vegaköflum. Á miklum meirihluta flóðsléttunnar eru slys eða dauðsföll ólíkleg sé fólk að vaða á meðan flóðunum stendur.

Abstract

An assessment of the extent and damage potential of floods on the Hvítá and Ölfusá rivers, south Iceland, is performed. The area assessed extends from Auðsholtshverfi – at the confluence of the Hvítá, Tungufljót, and Stóra-Laxá rivers – to the estuary of the Ölfusá river. The 25, 100 and 200-year floods are simulated, using as a benchmark water stage and discharge data from the gauging station (from 1951 to 2016) located in the town of Selfoss. Simulations are also made of ice-jam floods known to result, at particular locations, in a greater inundation extent than of the 200-year flood: events similar to the ice-jam flood in January 1983 in the Kaldaðarnes area as well as ice-jam floods in February 1984 and January 2001 in the Sorti area. The GeoClaw hydraulic model (2D) is used for the simulations, coupled to a 10 m DEM. Results indicate that 230 km² of land are susceptible to flooding, thereof 60 km² because of ice-jam floods. A great number of buildings are located on the floodplain, as well as 80 km of roads segments. Direct injuries or fatalities resulting from wading in floodwater are unlikely on the greatest part of the floodplain.

1 Inngangur

Í þessari skýrslu er hættumati vegna vatnsflóða í Hvítá í Árnessýslu og Ölfusá lýst. Megin-tilgangur hættumatsins er að veita sveitarfélögum og yfirvöldum upplýsingar um væntanlega útbreiðslu flóða sem miklar, miðlungs- og litlar líkur eru á að verði á þessum slóðum.

Verkefnið tilheyrir fyrsta áfanga áætlunar um mat á hættu og áhættu vegna vatnsflóða á Íslandi sem er styrkt af Ofanflóðasjóði. Í fyrsta áfanga áætlunarinnar (2015–2018) var lagt upp með tvo sérstök verkefni. Í fyrsta lagi var gerð samantekt um söguleg flóð á vatnasviðum Eyjafjarðarár, Héraðsvatna, Hvítár í Borgarfirði, Lagarfljóts og Skjálfandafljóts þar sem fram koma orsakir flóðanna, ártíðasveiflur, stærð og afleiðingar þeirra (Emmanuel Pagneux o.fl., 2017). Mikil flóð urðu á þessum vatnasviðum í desember 2006. Auk flóða á þessum vatnasviðum urðu einnig mikil flóð í Hvítá í Árnessýslu og Ölfusá í desember 2006 en samantekt sögulegra flóða fyrir það svæði var unnin í kjölfar atburðarins (Pagneux o.fl., 2010).

Í öðru lagi hefur verið unnið að yfirliti um aðferðafræði við áhættumat vatnsflóða og skilgreiningu áhættuviðmiða sem notuð eru og miðað er við í öðrum löndum. Markmiðið er að sjá hvort að hægt sé að nýta sams konar aðferðafræði hér á landi og koma með tillögur að áhættuviðmiðum. Niðurstöður þessarar rannsóknar eru væntanlegar í skýrslu á næstu misserum.

2 Hættumatssvæði

Vatnasvið Ölfusár nær yfir 6280 km² frá upptökum til ósa (Mynd 1). Efstu upptök eru í Langjökli (Hagavatn og Hvítárvatn) og Hofsjökli. Helstu þverár hennar eru Jökulfall, Sandá, Tungufljót, Stóra-Laxá, Litla-Laxá, Brúará og Sog (Tafla 1). Eftir að Sogið og Hvítá sameinast heitir vatnsfallið Ölfusá. Í sérkortum skýrslunnar er því vísað til hættumats vegna vatnsflóða í Ölfusá óháð því hvort niðurstöður eru sýndar á vatnasviði Ölfusár eða Hvítár sérstaklega.

Svæðið sem hættumatið nær yfir er u.þ.b. 800 km², frá og með Auðsholtshverfi þar sem Tungufljót, Litla-Laxá og Stóra-Laxá sameinast við Hvítá, niður til ósa Ölfusár (Mynd 2). Fylgst er með stærstu vatnsföllum innan hættumatssvæðisins með rennislisgæfum vatns-hæðarmælum (Tafla 2).

Tafla 1. Helstu þverár innan vatnasviðs Ölfusár.

Upptök	Þverá	Stærð vatnasviðs (km ²)	Rennsliseiginleikar*
Blágnípujökull, Hofsjökli	Jökulfall	380	J
Eystri-Hagafellsjökull, Langjökli	Sandá	327	J
Sandvatn	Tungufljót	770	L+J
Grænavatn, Laxárdrög	Stóra-Laxá	512	D
Rótarsandur	Brúará	707	L+S
Þingvallavatn	Sog	1200	L+S

* J: jökulá; D: dragá; L: lindá; S: stöðuvatn. Heimild: Sigurjón Rist, 1990.

Tafla 2. Helstu vatnshæðarmælar innan hættumatssvæðisins (raðað eftir aldri).

Mælir	Á	Tegund	Staðsetning	Staðarnúmer	Tímaröð
vhm 64 ^a	Ölfusá	Rennslisstöð	Selfoss	V64	1951
vhm 68 ^b	Tungufljót	Rennslisstöð	Faxi	V68	1952
vhm 43 ^c	Brúará	Rennslisstöð	Dynjandi	V313	1961
vhm 271 ^d	Sog	Rennslisstöð	Ásgarður	V271	1972
vhm 411 ^e	Stóra-Laxá	Rennslisstöð	Stórhylur	V411	2000

^a Vatnshæðarmælir 64 er brunnmælir á vinstri bakka Ölfusár skammt neðan við Ölfusárbrú. Mælaröðin nær aftur til 27. júní 1951 (Veðurstofa Íslands, 2018a).

^b Vatnshæðarmælir 68 er á vinstri bakka Tungufljóts í Biskupstungum, skammt neðan gömlu stálgrindarbrúarinnar, nokkru ofan við fossinn Faxe. Mæliröðin nær aftur til 22. október 1971 (Veðurstofa Íslands, 2018b).

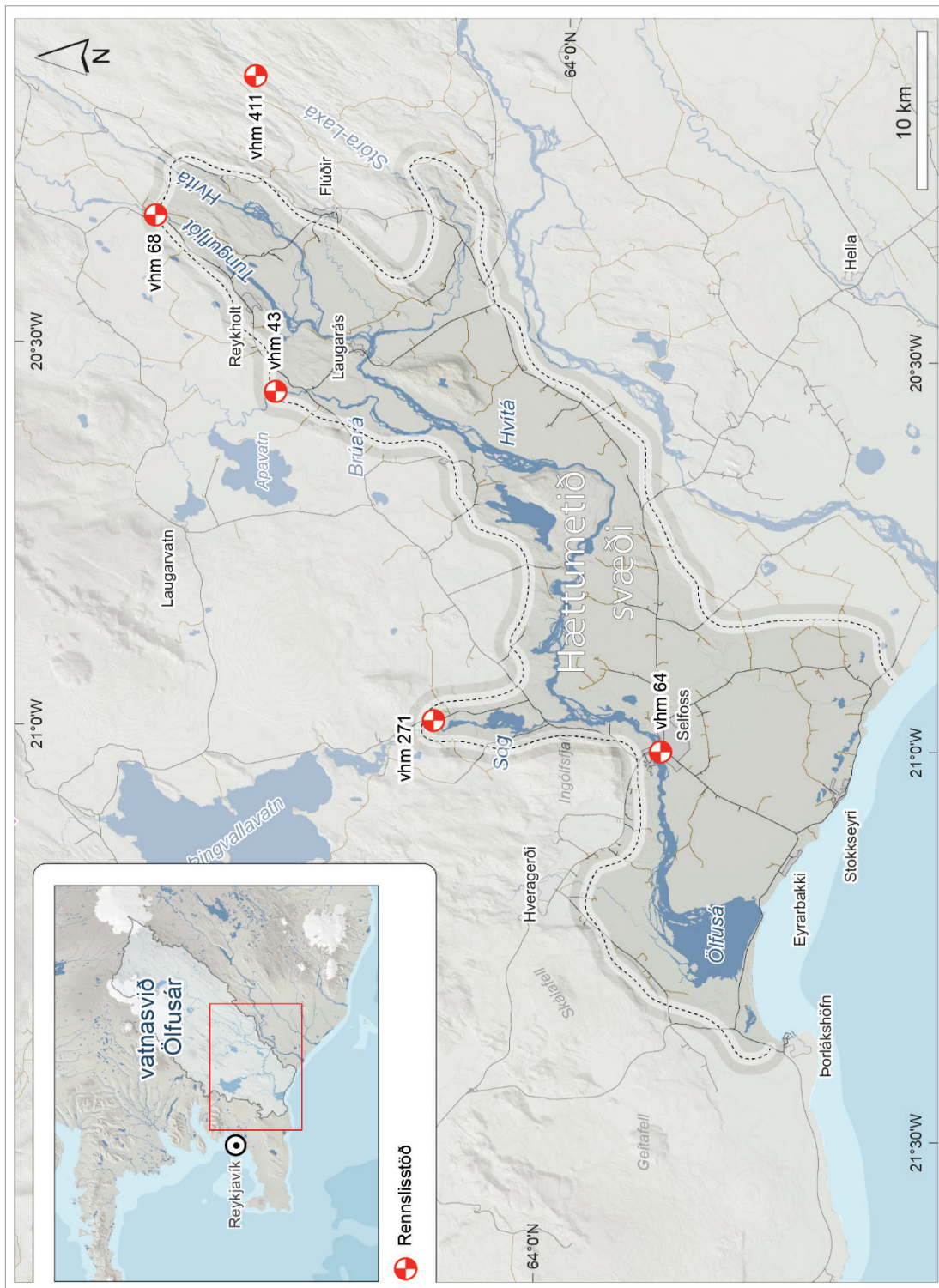
^c Vatnshæðarmælir 43 er á vinstri bakka Brúará í Biskupstungum, ofan við fossinn Dynjanda. Mælaröðin nær aftur til 29. september 1961 (Veðurstofa Íslands, 2018c).

^d Vatnshæðarmælir 271 er í brunni á vinstri bakka Sogsins, um 500 m innan Ásgarðs. Skráning vatnshæðar hófst 15. febrúar 1972 (Veðurstofa Íslands, 2018d).

^e Vatnshæðarmælir 411 er í Stóru-Laxá á vinstri bakka Stórhyls, u.þ.b. 10 km innan við bæinn Laxárdal. Mæliröðin nær aftur til 24. október 2000 (Veðurstofa Íslands, 2018e).



Mynd 1. Vatnasvið Ölfusár. Efstu upptök eru í Langjökli (Hagavatn og Hvítárvatn) og Hofsjökli. Kortagrunnur: Landmælingar Íslands.



Mynd 2. Yfirlit yfir svæðið sem hættumatið nær yfir. Kortagrunnur: Landmælingar Íslands.

3 Yfirlit yfir söguleg flóð

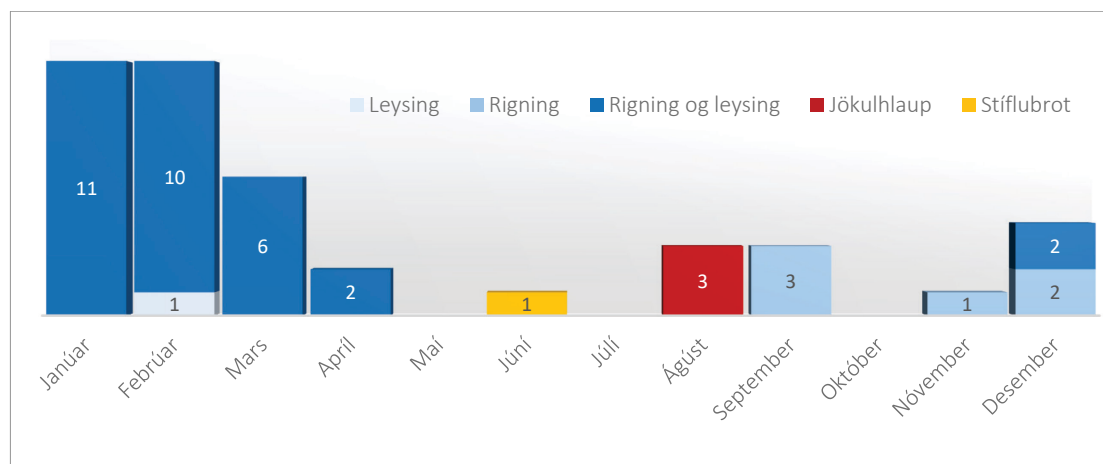
Yfirlit yfir orsök og tíðni flóða, stærð flóðsléttu og helstu rennislísiðir á síðustu 200 árum á hættumatssvæðinu má finna í Pagneux o.fl. (2010).

3.1 Orsök og tíðni

Pagneux o.fl. (2010) hafa afmarkað með mikilli vissu 40 árflóð¹ innan hættumatssvæðisins á tímabilinu 1825–2006. Einnig er vítað um tvo atburði sem áttu sér stað síðar, eða árin 2007 og 2018. Í fjórum tilfellum eða árin 1953, 1959, 1967 og 1988 urðu fleiri en eitt flóð á ári.

Flest flóð, eða 31 tilvik, stöfuðu af úrkomu og leysingum og urðu á tímabilinu janúar–mars (Mynd 3). Flóð sem orsökuðust eingöngu af úrkomu voru sex og urðu á tímabilinu september–desember. Þrjú flóð voru jökulhlaup frá Hagavatni og urðu öll í ágústmánuði. Eitt flóðanna átti sér stað í júní en það tengdist stíflubroti í Soginu árið 1959 (Morgunblaðið 10. desember 1995, bls. 20).

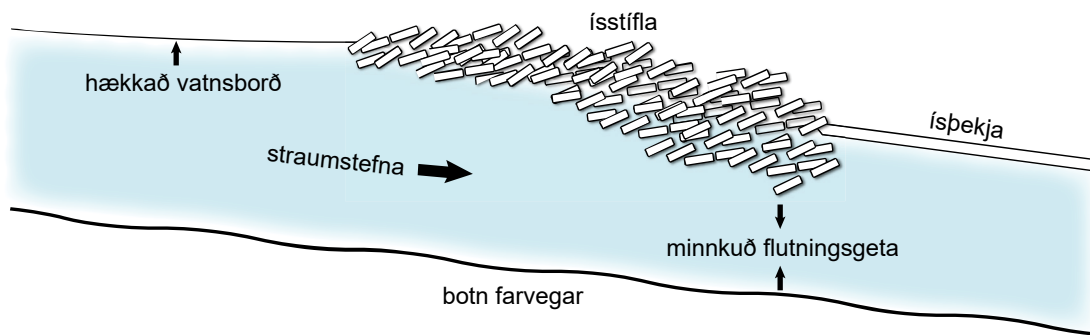
Á stöku stað getur minnkuð flutningsgeta farvega af völdum „dýnámískra“ ísstíflna² leitt til þess að vatn gengur yfir svæði sem annars eru þurr í íslausum flóðaaðstæðum (Mynd 4). Pagneux o.fl. (2010) komust að þeirri niðurstöðu að myndun ísstíflna í farvegum Ölfusár og Hvítár hafi haft áhrif á útbreiðslu flóða í að minnsta kosti 17 tilfellum frá og með árinu 1825 og greindu staði þar sem ísstíflur hafa myndast (Mynd 5 og Tafla 3). Rétt er að taka hér fram að þær ísstíflur sem hafa haft áhrif á útbreiðslu flóða innan hættumatssvæðisins, mynduðust í rigningu og leysingum.



Mynd 3. Dreifing flóða á tímabilinu 1825–2018, eftir árstíð og orsökum.

¹ Þ.e.a.s. flóð tengd stöðuvötnum og ám; sjávarflóð eru ekki talin með.

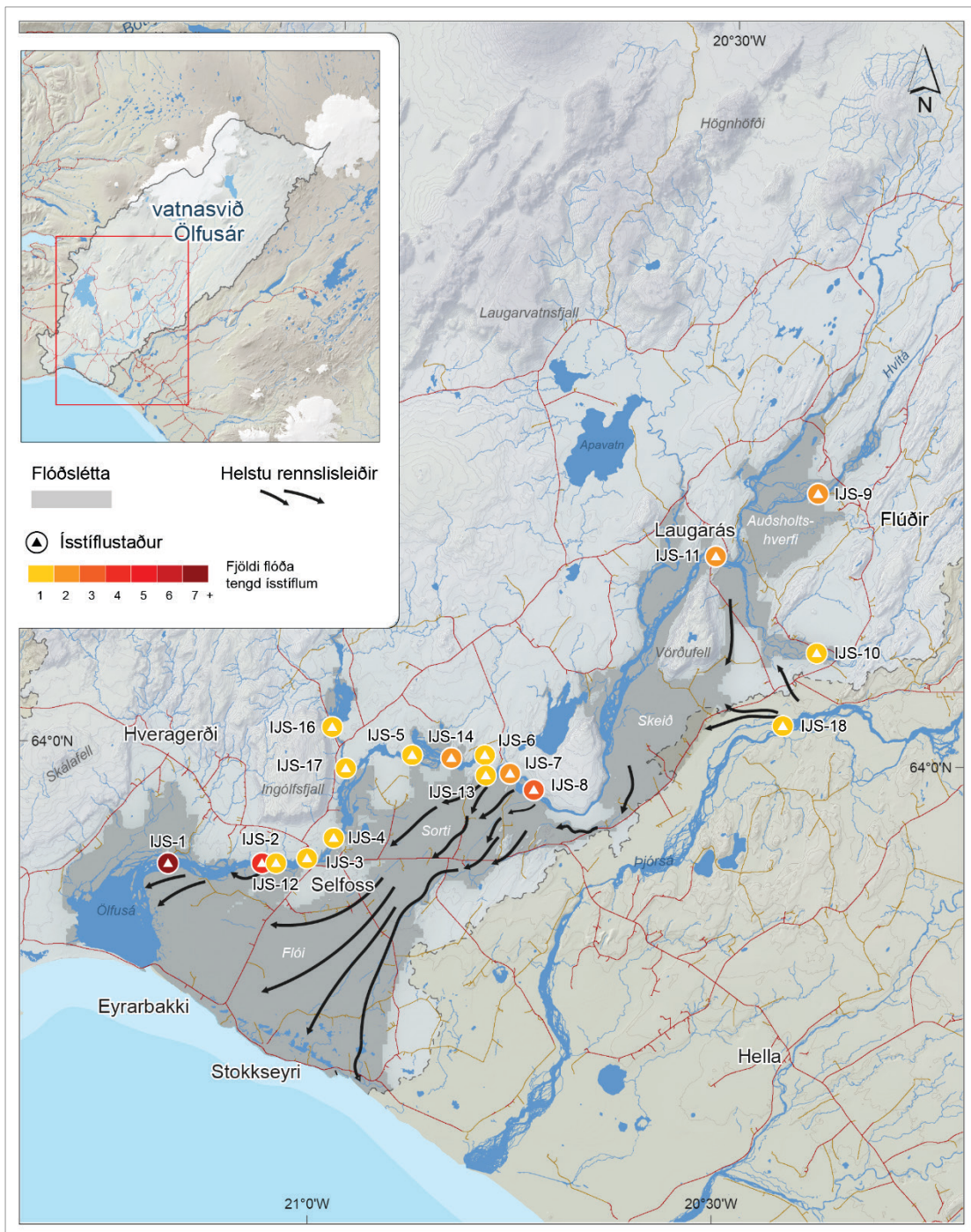
² Þegar ísstykki og hröngl hrannast upp á móti ísþekju.



Mynd 4. Tengsl milli myndunar ísstíflu og hækkaðs vatnsborðs í flóði. Minnkuð flutningsgeta farvegur vegna ísstíflu hefur í för með sér að vatnsborð hækkar við stífluna og upp með henni (eftir Ambtman & Hicks, 2012). Hafa ber í huga að vöxtur grunnstinguls (e. Anchor ice) frá botni til yfirborðs ána getur einnig leitt til flóðs.

Tafla 3. Þekktir ísstíflustaðir sem hafa haft áhrif á útbreiðslu flóða innan hættumatssvæðisins frá og með árinu 1825 (eftir Pagneux o.fl., 2010). Staðirnir eru sýndir á mynd 5.

Einkennisnúmer ísstíflustaða	Staðsetning	Fjöldi flóðatburða
IJS-1	Arnarbæli	7
IJS-2	Flugunes	4
IJS-3	Selfossbæir	1
IJS-4	Laugardælaferja	1
IJS-5	Langholtseyjar / Stangargil	1
IJS-6	Oddgeirshólaklettur / Skotaberg	1
IJS-7	Langatangi / Brúnastaðanes	2
IJS-8	Kríutangi	3
IJS-9	Hvítárholt	2
IJS-10	Sóleyjarbakki	1
IJS-11	Íða	2
IJS-12	Geitanes	1
IJS-13	Kiðjaberg	1
IJS-14	Kirkjutangi	2
IJS-16	Prastaskógur	1
IJS-17	Skógtangi	1
IJS-18	Kríueyri	1



Mynd 5. Flóðslétta, helstu rennislíðir og þekktir ísstíflustaðir innan hættumats-svæðisins (eftir Pagneux o.fl., 2010). Kortagrunnur: Landmælingar Íslands.

3.2 Flóðslétta

Mat Pagneux o.fl. (2010)³ gefur til kynna að meirihluti Skeiða, Sorta og Flóa hafa orðið fyrir beinum áhrifum árflóða á tímabilinu 1825–2006 (Mynd 5). Þótt flóðið í febrúar 1968 sé það stærsta sem mælst hefur við vatnshæðarmæla í Ölfusá, Brúará og Tungufljóti (Sjá §3.3), er bent á að útbreiðsla flóðsins hafi ekki verið sú mesta sem sést hefur innan hættumatssvæðisins frá og með árinu 1825. Samkvæmt Pagneux o.fl. (2010) hafa flóðin í febrúar 1930, mars 1948, og janúar 1825 breitt meira úr sér þegar horft er yfir hættumatssvæðið í heild. Þessir atburðir áttu sér stað áður en rekstur vatnshæðarmæla hófst, og vegfyllingar og fyrirhleðslur voru sáralitlar. Áhrif vegakerfisins á útbreiðslu flóða voru því lítil sem engin. Samkvæmt mælingum við Selfossbrú var flóðhæð hærri í flóðinu í febrúar 1968 á Selfossi en hún var í flóðunum 1930 og 1948 en hækkun vatnsborðs við Selfossbrú í flóðinu árið 1968 var að hluta til vegna myndun ísstíflu fyrir neðan brúna. Að sögn Sigurjóns Rist náði flóðið í febrúar 1968 ekki eins hátt hjá Ólafsvöllum og flóðin 1930 og 1948 (Morgunblaðið 28. mars 1968, bls. 3). Því þarf að hafa í huga að flóðhæð á Selfossi er ekki fullkomin nálgun við að meta útbreiðslu flóða á uppsvæðum hættumatssvæðisins, þ.e. við Auðsholtshverfi og á Skeiðum.

Útbreiðsla flóðsins í desember 2006 og ísstífluflóða sem áttu sér stað árin 1968, 1983, 1984 og 2001 hefur verið kortlögð á stöku stað með mikilli nákvæmni á undanförunum árum. Útbreiðslu- og vatnshæðargögn þessara atburða voru nýtt til kvörðunar straumfræðilíkans og hermunar viðmiðunarflóða (sjá §4.3.2).

3.2.1 Rennslisleiðir

Vitað er um rennslisleiðir sem hafa verið virkar í stærstu flóðum (Mynd 5). Í nokkrum tilfellum hefur flætt frá Skeiðum niður í Bugalæk⁴ og þaðan yfir þjóðveginn, við Stóraás eða milli Kjartansstaða og Skeggjastaða (Mynd 6), niður að Stokkseyri. Í flóðum sem orsökuðust af ísstíflu í Hvítá undir Hestfjalli⁵ flæddi upp úr ánni, við Brúnastaðanes og Brúnastaðaflatir, og yfir Sorta. Þekkt eru flóð í Þjórsá, þar sem áin flæddi „vestur yfir Skeiðin og rann eftir lækjadrögum alla leið vestur í Hvítá“. Gott dæmi um slíkt er flóð í febrúar árið 1934 (Morgunblaðið 4. febrúar 1934, bls. 2). Einnig eru vísbendingar um rennslisleið austan við Vörðufell.

Þegar horft er nákvæmara yfir þéttbýlissvæði má nefna rennslisleið á Selfossi við Selfosstún. Hún var virk í flóðinu í febrúar árið 1968 (Mynd 7) þegar ísstífla myndaðist í Ölfusá við Selfosskirkju.

3.2.2 Útbreiðsla flóðs í desember 2006

Flóðið í desember árið 2006 var rannsakað og kortlagt af Vatnamælingum Orkustofnunnar og Veðurstofu Íslands á árunum 2007–2010 (Árni Snorrason o.fl., 2007; Veðurstofa Íslands, 2008; 2009a; 2009b; 2010). Kortlagningin nær yfir svæðið frá Auðsholtshverfi til ósa Ölfusár. Mælingar í vettvangsmælingaferðum árin 2007–2008 á 233 flóðhæðum og 96 km af flóðförum voru nýttar til kortlagningarinnar, ásamt 249 skámyndum úr lofti og ljósmyndum af jörðu niðri (Viðauki I).

³ Mat þeirra á stærð flóðsléttu byggir á svæðisgreiningu í 250 metra upplausn af sögulegum upplýsingum.

⁴ Til dæmis árin 1825, 1930, 1948, 1968 og 2006.

⁵ Árin 1888, 1889, 1967, 1984 og 2001.



Mynd 6. Horft yfir þjóðveginn í flóðinu í mars 1948, austan við Skeggjastaði. Ljósmynd: Vegagerðin.



Mynd 7. Horft yfir Þóristún 7–17 (Selfossi), í flóðinu í febrúar 1968. Rennsisleið opnaðist í bænum vegna myndunar ísstíflu í Ölfusá við Selfosskirkju. Ljósmynd: Ómar Halldórsson.

Útbreiðsla flóðsins frá Vörðufelli niður til ósa Ölfusár var reiknuð út með samanburði á endurgerðum vatnshæðarfleti sem byggður er á mældum flóðhæðum og landhæðum úr landlíkani (Pagneux & Snorrason, 2012). Í útbreiðslumatinu voru flóðhæðir annað hvort mældar á vettvangi eða áætlaðar út frá myndum af flóðinu og landlíkani sem var unnið af Samsýn ehf. á árunum 2008–2009 fyrir Veðurstofu Íslands. Þéttleiki punktaskýs sem landlíkanið byggir á er að jafnaði um 0,2 punktar/m². Staðsetningar- og hæðarnákvæmni punktaskýsins er 15–20 cm. Við kortlagninguna var stuðst við landlíkan í 0,5 m reita upplausn.

3.2.3 Útbreiðsla ísstífluflóða

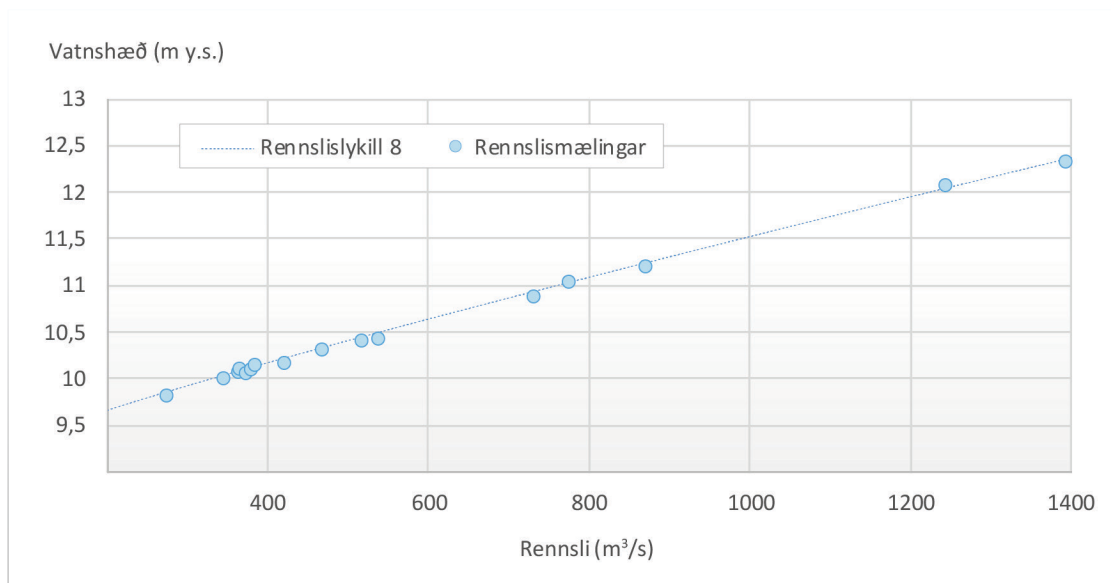
Til er staðbundið mat á útbreiðslu einstakra ísstífluflóða: í febrúar 1968 við Selfoss (Pagneux o.fl., 2011), í janúar 1983 við Kaldaðarnes (Pagneux & Snorrason, 2012) og yfir Sorta í febrúar 1984 (Emmanuel Pagneux, óútgefið efni) og í janúar 2001 (Pagneux & Snorrason, 2012). Í ofangreindu útbreiðslumati voru flóðhæðir áætlaðar út frá myndum og myndскеiðum af flóðunum og landlíkaninu sem unnið var af Samsýn ehf. Gögnin sem voru nýtt til kortlagningar eru 34 skámyndir úr lofti og myndir af jörðu niðri og tvö myndскеið (Viðauki I). Vegna skorts á grunnögnum var útbreiðsla ísstífluflóðanna árin 1983, 1984, og 2001 á ofangreindum svæðum ekki metin til fulls. Notast var við sömu aðferðir og landlíkan í útbreiðslumatinu og fyrir flóðið í desember 2006.

3.3 Rennsli

Flóð í febrúar árið 1968 er stærsta flóð sem hefur mælst við vatnshæðarmæla 43 (Brúará), 64 (Selfoss) og 68 (Tungufljót) (Mynd 2 og Tafla 2). Þess ber þó að geta að þessir mælar voru teknir í rekstur á árabílinu 1951–1961 (Tafla 2) og því eru þekkt flóð sem urðu fyrir þann tíma ekki innan þessara mæliraða, s.s. flóð frá árunum 1930, 1934 og 1948. Við vatnshæðarmæli 64 hefur hámarksrennsli flóðsins árið 1968 verið metið 2240 m³/s (Viðauki II). Næst stærsta flóð sem mælst hefur við vatnshæðarmæli 64 er flóð sem átti sér stað í desember 2006 en hámarksrennsli þess hefur verið metið 2093 m³/s (Viðauki II).

3.3.1 Rennslislykill

Straumhraðamælingar sem ná yfir allt þversnið vatnsfallsins eru tímafrekar og ekki raunhæft að sýna vatnshraðann í öllu þversniðinu. Til þess að fá samfelldan rennslisferil er vatnshæð árinna mæld þar sem vitað er að samband er milli rennslis og vatnshæðar. Þegar rennsli í farvegi eykst hækkar vatnsborðið. Meðan engar breytingar verða á þversniðinu er fast samband milli vatnshæðar og rennslis. Breytingar á vatnshæð eru notaðar til að meta rennsli á hverjum tíma og tölfraðilegt samband rennslis og vatnshæðar, svokallaður rennslislykill, er fundið með því að mæla rennsli árinna við mismunandi vatnshæð (Mynd 8).

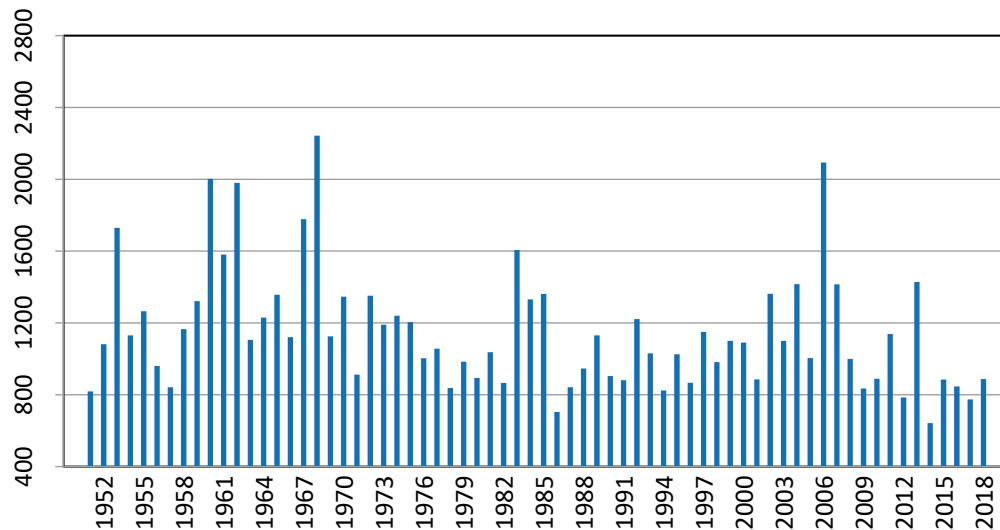


Mynd 8. Gildandi rennslislykill fyrir vatnshæðarmæli 64, gildir frá 1.10.2007. Lykillinn er gerður úr 18 rennslismælingum gerðum á árunum 2008 til 2016.

Öllum mælingum er treyst ef að ekkert í framkvæmd þeirra eða umhverfisaðstæðum bendir til annars en að þær séu í lagi. Til að rennslismatið út frá tölfræðilega sambandinu verði rétt, þarf að leiðrétta fyrir breytingum í vatnshæð af öðrum orsökum en rennslisbreytingum, séu þær til staðar. Algengust slíkra truflana er aukin vatnshæð vegna ísmyndunar við bakka og í farvegi árinna. Ísinn þrengir að straumi árinna og veldur því minna rennsli fyrir gefna vatnshæð heldur en í raun er við ótruflaðar aðstæður. Leiðrétt er fyrir ístruflunum á rennsli en þær valda aukinni óvissu þegar þær eru til staðar.

Í flóðinu 1968 eyðilagðist vatnshæðarmælirinn vegna klakaburðar og klakastíflu neðan Selfoss og gögn töpuðust. Af sökum klakastíflunnar var ekki beint samband milli vatnshæðar og rennslis við Selfoss. Rennslið við Selfoss var því ákvarðað út frá flóðförum í næsta nágrenni vatnshæðarmælisins.

Hæsta rennslismælingin gerð með straumsjá við vatnshæðarmæli 64 er úr flóði árið 2006 en hún gaf 1760 m³/s við 13,57 m y.s. Það er 33% minna rennsli við 17 cm lægri vatnshæð en áætlað var í flóðinu 1968 (13,74 m y.s. eftir leiðréttingu). Gildandi rennslislykill (Mynd 8) hefur ekki verið gerður með hliðsjón af þessari mælingu þar sem hún stendur stök og myndi setja töluvert brot á rennslislykilinn. Önnur straumsjarmæling, svipuð eða hærri, myndi sennilega styrkja niðurstöðu umræddrar mælingar og hugsanlega draga úr áætluðu rennsli í flóðinu árið 1968 sem og öðrum flóðum í Ölfusá, stærri en 1500 m³/s.

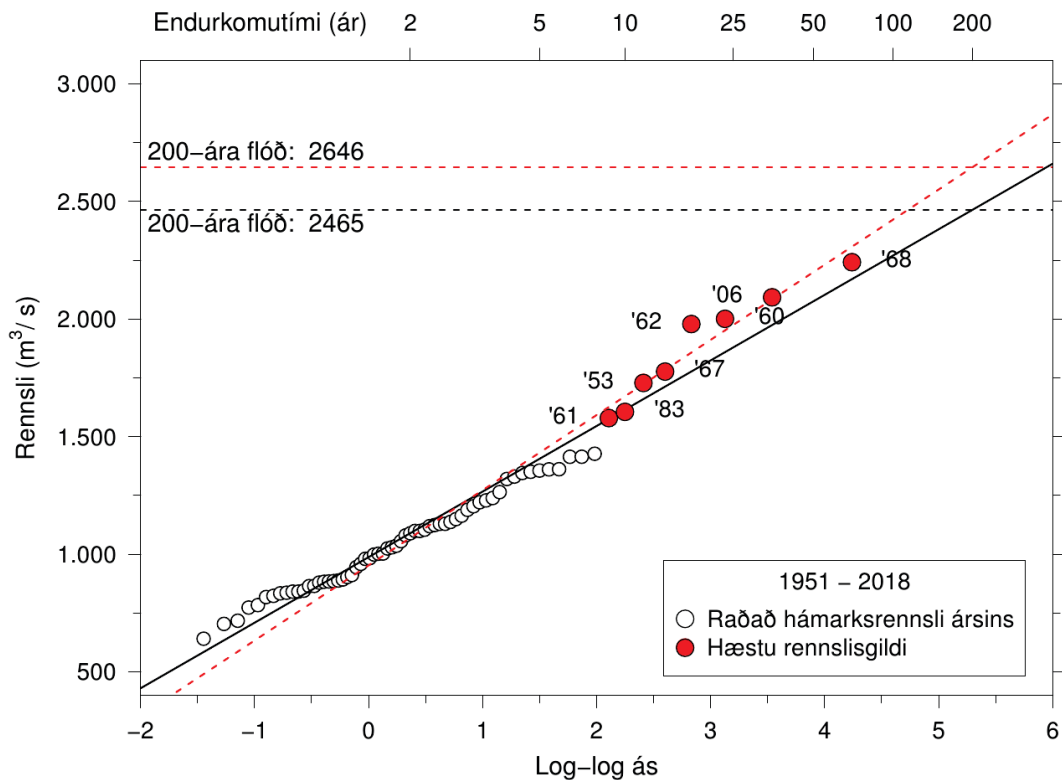


Mynd 9. Mesta augnabliksrennsli (m^3/s) hvers árs við vatnshæðarmæli 64 yfir tímabilið 1951–2018.

3.3.2 Árlegt hámarksrennsli og endurkomutími

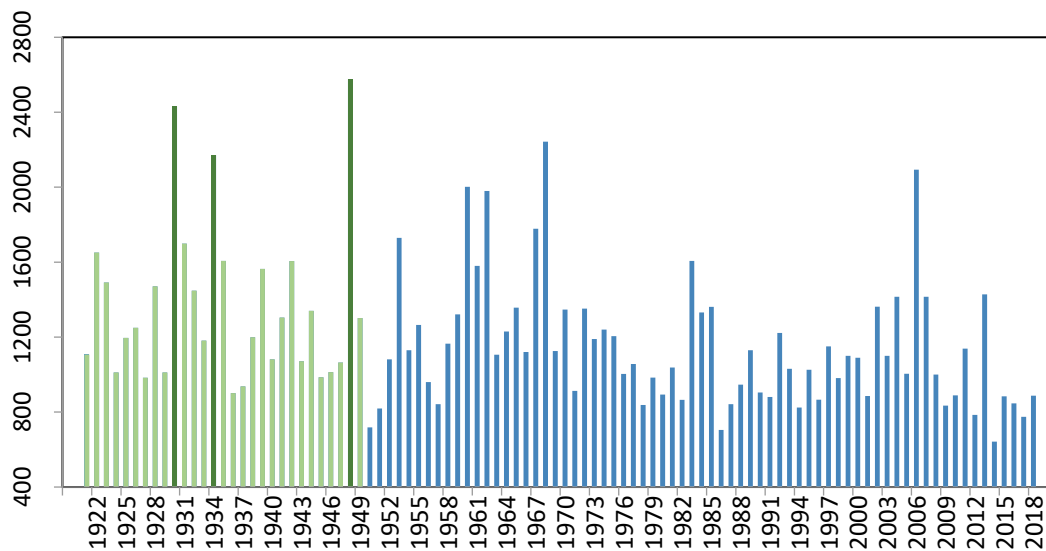
Endurkomutíma má skilgreina sem meðaltal þess tíma sem liður milli atburða af ákveðinni stærð eða stærri. Endurkomutími gegnir veigamiklu hlutverki í hættumati flóða, því með honum eru settar fram líkur þess að flóð af ákveðinni stærð verði á tilteknu tímabili, jafnvel þó ekki sé hægt að spá fyrir um hvenær þau gerast. Fyrir flóð með 100 ára endurkomutíma er átt við að 1% líkur eru á því að flóð af þeirri stærð eða stærra verði á tilteknu ári en yfir 100 ára tímabil getur þó hent að flóð af þeirri stærð verði aldrei, einu sinni eða jafnvel oftar. Til þess að unnt sé að reikna endurkomutíma flóða þarf að greina tiltæk rennslisgögn og nýta stærsta flóð hvers árs eða öll flóð yfir ákveðinni lágmarksstærð (þröskuldsgildi). Hérlandis hafa dæmi sýnt að sáralítill munur er á milli aðferðanna þegar skoðaðir eru atburðir með meira en 10 ára endurkomutíma (Kristinn Guðmundsson, 1993). Sjá má á Mynd 9 mesta augnabliksgildi hvers árs við vatnshæðarmæli 64 yfir tímabilið 1951–2018.

Til að ákvarða endurkoma tíma er aðhvarfslína fyrir valda líkindadreifingu felld í gegnum gagnasafn yfir mesta augnabliksgildi hvers árs. Niðurstöður fyrir samfelldu gagnaröðina frá 1951–2018 úr vatnshæðarmæli 64 eru sýndar á Mynd 10. Sjá má að stærstu flóðin sveigja töluvert frá aðhvarfslínu sem nær í gegnum allt gagnasafnið (sýnt í svörtu) og er því önnur aðhvarfslína felld í gegnum hæstu rennslisgildin (sýnt rautt).



Mynd 10. Endurkomutími 200 ára flóðs metinn út frá mældu rennsli við vatnshæðarmæli 64 frá 1951 til 2018. Svarta línan sýnir aðhvarfslínu í gegnum allt gagnasafnið en sú rauða í gegnum hæstu rennslisgildi (rauðir punktar).

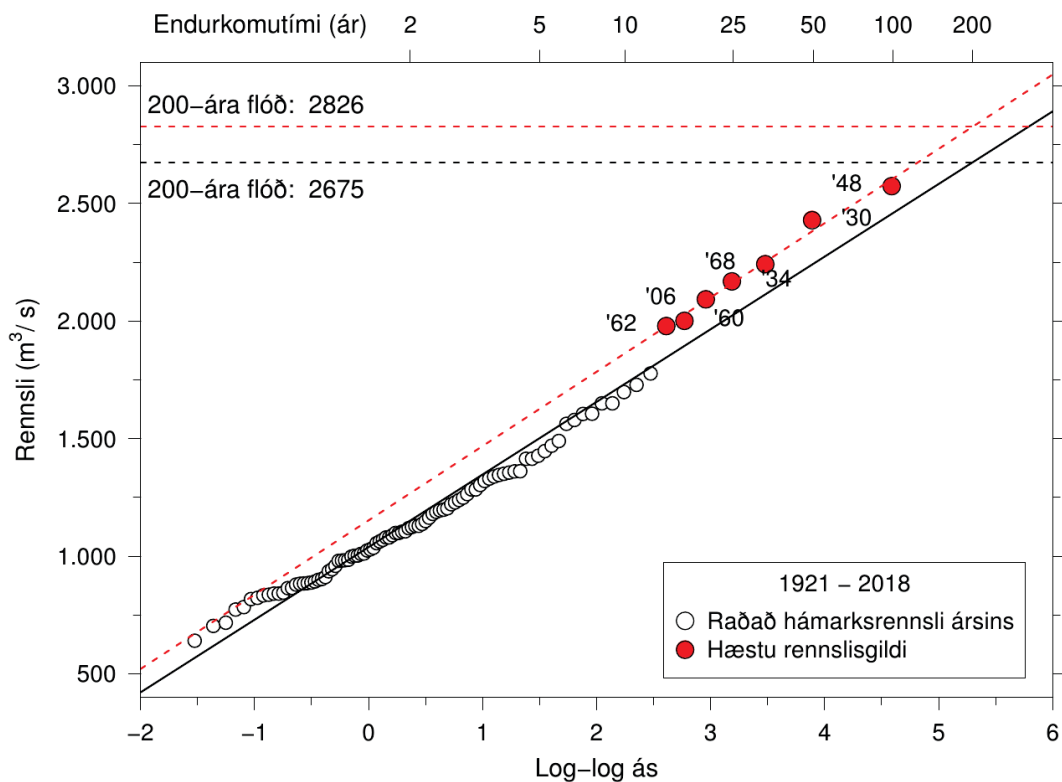
Gera má ráð fyrir að útreikningar á endurkomutíma verði áreiðanlegri eftir því sem rennslisröðin nær yfir lengra tímabil. Nokkur stór flóð eru þekkt frá því áður en vatnshæðarmæli 64 var settur upp (Árni Snorrason o.fl., 2007). Því er eðlilegt að gera grein fyrir ætluðum áhrifum þess á endurkomutíma við vatnshæðarmæli 64 að bæta þekktum flóðum frá 1930, 1934 og 1948 við rennslisröðina. Stærð flóðanna 1930 og 1948 hafa verið metin $2120 \text{ m}^3/\text{s}$ og $2230 \text{ m}^3/\text{s}$ (Pagneux o.fl., 2010). Rennslislykill fyrir tímabilið 1949–1990 var uppfærður árið 2013 (í lykil nr. 6) og fellur hann betur að háum rennslismælingum (Njáll Fannar Reynisson & Ólafur Freyr Gíslason, 2013). Mat á stærðum flóðanna 1930 og 1948 var uppfært skv. gildandi rennslislykli nr. 6 og er því $2430 \text{ m}^3/\text{s}$ og $2575 \text{ m}^3/\text{s}$. Talið er að flóðið 1934 sé af svipaðri stærð og flóðin 2006 og 1968 (Árni Snorrason o.fl., 2007). Ef gert er ráð fyrir að stærð flóðsins 1934 sé mitt á milli þessara tveggja flóða, eða um $2170 \text{ m}^3/\text{s}$ má lengja tímaröðina yfir árlegt hámarksrennsli um þrjú stórfloð.



Mynd 11. Mesta augnabliksrennsli (m^3/s) hvers árs við vatnshæðarmæli 64 yfir tímabilið 1921–2018. Bláu súlurnar eru mælt rennsli, dökkgrænu eru metið rennsli og ljósgrænu eru slembigildi.

Við endurreikning á endurkomutíma með lengri gagnaröð þarf að fylla upp í göt á milli þekktra stórflóða á tímabilinu fyrir samfelldar mælingar. Í þessu tilfelli var fyllt upp í göt raðarinnar með því að velja handahófskennt gildi, sem eru að hámarki $1700 \text{ m}^3/\text{s}$, úr 150 slembigildum. Slembigildin eru búin til með með Weibull dreifingu sem fellur vel að dreifingu mældra flóða á tímabilinu 1951 til 2018. Þröskuldur var settur við $1700 \text{ m}^3/\text{s}$ því líklegt þykir að flóð ára án mælinga, aftur til a.m.k. 1921, hafi ekki náð þeirri stærð þar sem þeirra er ekki getið sem stórflóða í heimildum. Með þessu móti fæst lengd röð mesta árlega flóðs, sem má nýta til endurútreiknings á endurkomutíma flóða við vatnshæðarmæli 64. Röðin nær frá 1921 til 2018 með i) 27 slembigildum, ii) fyrrnefndu mati á flóðunum 1930, 1934 og 1948, iii) grófum mælingum frá 1950 og iv) samfelldri mæliröð úr vatnshæðarmæli 64 frá 1951 til 2018 (Mynd 11 og Mynd 12).

Samkvæmt tíðnigreiningu mælds hámarksrennslis yfir tímabilið 1951–2018 og yfir lengda tímaröð 1921–2018, er endurkomutími þriggja stærstu þekktu flóða í Ölfusá við Selfoss um 50 til 278 ár. Endurkomutími flóðsins í mars 1948 er metinn á bilinu 153–278 ár. Metinn endurkomutími flóðsins í mars 1930 er 93 til 182 ár og flóðsins í febrúar 1968 á bilinu 50 til 92 ár. Önnur flóð með endurkomutíma um og yfir 50 ár eru flóðin í febrúar 1934 og desember 2006 (Tafla 4). Ef endurkomutími þekktra flóða (Tafla 4) væri einungis metinn út frá hæstu rennslisgildum (rauðir punktar á Mynd 10 og Mynd 12) myndi metinn endurkomutími lækka.



Mynd 12. Endurkomutími 200 ára flóðs metinn út frá mældu rennsli við vatnshæðarmæli 64 að viðbættum þekktum flóðum og slembigildum til uppfyllingar. Tímabil frá 1921 til 2018. Svarta línan sýnir aðhvarfslínu í gegnum allt gagnasafnið en sú rauða í gegnum hæstu rennslisgildi (rauðir punktar).

Tafla 4. Hámarksrennsli og endurkomutími stærstu flóða við vatnshæðarmæli 64 (Selfoss) metinn fyrir mismunandi gagnasöfn.

Atburður	Hámarksrennsli (m ³ /s)	Endurkomutími metinn frá 1951	Endurkomutími metinn frá 1921
mar.48*	2575	278	153
mar.30*	2430	182	93
feb.68**	2240	92	50
feb.34***	2170	74	42
des.06****	2093	53	33
feb.60****	2002	40	23
apr.62****	1980	38	22

* Byggt á upplýsingum frá Pagneux o.fl. (2010) uppreiknað með gildandi rennslislykli.

** Ákvarðað út frá flóðförum í næsta nágrenni vatnshæðarmælisins.

*** Meðaltal flóðanna frá 1968 og 2006. Byggt á upplýsingum frá Árna Snorrasyni o.fl. (2007).

**** Augnabliksrennsli skv. rennslisgögnum frá vatnshæðarmæli 64.

Ljóst er að töluverð óvissa fylgir mati á stærð flóða fyrir gefinn endurkomutíma og mati á endurkomutíma þekktra flóða, enda breytist matið með hverju ári sem bætist við mæliröðina. Þess ber að geta að þegar líkanreikningar þessa verkefnis voru framkvæmdir var mat á rennsli flóða með vissan endurkomutíma gert með sömu aðferð og lýst er í skýrslunni Flóð íslenskra vatnsfalla – flóðagreining rennslisraða (Hilmar Björn Hróðmarsson & Tinna Þórarinsdóttir, 2018) en þó með notkun nýs rennslislykils fyrir vatnshæðarmæli 64. Þær niðurstöður sem sýndar eru í köflum 4 og 5 og snúa að vatnshæðarmæli 64 miðast því við rennslismat flóða sem reiknað er út frá gögnum mæliraðarinnar frá 1951 til 2016 þar sem flóð með 25 ára endurkomutíma var metið 1870 m³/s, flóð með 100 ára endurkomutíma var metið 2310 m³/s og flóð með 200 ára endurkomutíma var metið 2550 m³/s. Þetta rennslismat er í nokkuð góðu samræmi við nýrri niðurstöður byggðar á gögnum frá 1951 til 2018 en dálítið lægra en rennslismat byggt á lengri rennslisröð frá 1921 til 2018 (Tafla 5) og ljóst að munurinn myndi aukast frekar ef einungis væri byggt á hæstu rennslisgildum (Tafla 6). Breytt mat á endurkomutíma ógildir þó ekki fyrri líkanreikninga heldur breytir aðeins fyrir hvaða endurkomutíma þeir gilda.

Tafla 5. Mat á rennsli flóða með mismunandi endurkomutíma, byggt á mældum gögnum frá 1951 til 2016; frá 1951 til 2018 og á lengdri röð frá 1921 til 2018.

Endurkomutími flóða við vhm 64	Rennsli metið með mæliröð frá 1951 til 2016 (m ³ /s)	Rennsli metið með mæliröð frá 1951 til 2018 (m ³ /s)	Rennsli metið með lengdri röð frá 1921 til 2018 (m ³ /s)
25	1870	1880	2030
100	2310	2270	2460
200	2550	2465	2675

Tafla 6. Mat á rennsli flóðs með 200 ára endurkomutíma byggt annars vegar á hámarksrennsli allra tiltækra ára og hins vegar aðeins á hæstu rennslisgildum.

Tímabil	Allt gagnasettið	Hæstu gildi (7–8 flóð)
1921–2018	2675	2826
1951–2018	2465	2646

3.4 Áhrif loftslagsbreytinga

Áhrif loftslagsbreytingar á flóð í Ölfusá hafa ekki verið rannsökuð sérstaklega en helstu flóð í Ölfusá og þverám hennar eru nú af völdum rigningar samfara leysingu að vetri til.

Búist er við að yfirstandandi loftslagsbreytingar geti haft umtalsverð áhrif á afrennsli á komandi áratugum á Íslandi (Halldór Björnsson o.fl., 2018). Gera má ráð fyrir að afrennsli aukist með hlýnandi veðurfari vegna aukinnar úrkomu og bráðnunar jökla en ekki er beint samband milli heildarafrennslis og hámarksrennslis í stærstu flóðum (Halldór Björnsson o.fl., 2018). Aukin úrkomuákefð og ef leysingaraburðir að vetri ná til stærri hálendissvæða á vatnsviði Ölfusár, svo sem á Kili, gætu því valdið stærri flóðum en áður. Minni snjósöfnun og þar með minni möguleg heildarbráðnun í hlýindum að vetri, auk þess að líkur á að frost í jörðu hindri gleypni í jarðvegi verða hugsanlega minni, gæti aftur á móti valdið því að flóð verði almennt minni en áður.

Breytingar á gróðurfari, breytingar á grunnvatnshæð vegna tímabundins aukins afrennslis frá jöklum og mörg önnur ferli háð lofslagsbreytingum geta líka haft áhrif á flóð á vatnasviðinu. Talsverðar breytingar geta því orðið á flóðaháttum Ölfusár og þveráa hennar en ekki er hægt að segja til um hvort að slíkar breytingar leiði til aukins eða minnkaðs rennslis í flóðum (og þar með breytingum á endurkomutíma tiltekins hámarksrennslis). Til lengri tíma litið er líka ekki hægt að útiloka gagngera breytingu á uppruna megin flóða í Ölfusá. Jökulhlaup af völdum skriðufalla í jaðarlón eða jökulstíflaðra lóna sem hugsanlega gætu myndast með breyttri lögun jökla gætu t.d. valdið flóðum af áður óþekktri stærð.

Fyrri rannsóknir á öðrum vatnasviðum benda til að afrennsli muni aukast að haust- og vetrarlagi (Bergur Einarsson & Sveinbjörn Jónsson, 2010) með tíðari smáum vetrarflóðum (Thorsteinsson & Halldór Björnsson, 2012) og að vorflóð muni verða fyrr á ferðinni og líklega minni að stærð (Tómas Jóhannesson o.fl., 2007).

Ekki er skýrt hvaða áhrif loftslagsbreytingar hafa á líkur á myndun ísstíflna. Almennt séð má búast við að líkur minnki á ísmyndun í ánni og að þykkt íss minnki með hlýnandi veðurfari. Hvort tveggja leiðir til þess að minni líkur eru á að ísstíflur myndist. Aftur á móti ef tíðni rigningar- og leysingaáburða að vetri eykst, eins búast má við í hlýrra veðurfari (Halldór Björnsson o.fl., 2018), er hugsanlegt að oftar en nú er verði möguleg tilefni til myndunar ísstíflna og líkur á þeim því meiri. Ekki er ljóst án frekari rannsókna hvor þessara ferla verði ráðandi. Einnig er mögulegt að önnur óþekkt ferli eða samspil ferla muni hafa ráðandi áhrif á myndun ísstíflna.

Af ofansögðu er ljóst að breytingar vegna loftslagsbreytinga auka óvissu og geta valdið töluverðum frávikum frá niðurstöðunum sem kynntar eru í þessari skýrslu.

4 Hermanir

4.1 Val á viðmiðunarflóðum

Við val á viðmiðunarflóðum var horft til líkinda á að flóð eigi sér stað. Gerð er grein fyrir flóðum sem miklar, miðlungs og litlar líkur eru á að verði. Fyrir sviðsmynd sem miklar líkur eru á var flóð með 25 ára endurkomutíma við vatnshæðarmæli 64 (Selfoss) valið. Líkur á að hámarksrennsli nái því gildi eða verði hærra eru 4% á hverju tilteknu ári. Fyrir sviðsmyndir með miðlungs og litlum líkum voru 100 og 200 ára flóðin valin, þ.e. atburðir sem 1% og 0,5% líkur eru á að verða á tilteknu ári. Samkvæmt tíðnigreiningunni (Sjá §3.3.2) á hámarksrennsli 25 ára flóðs að vera 1870 m³/s við vatnshæðarmælinn, hámarksrennsli 100 ára flóðs 2310 m³/s og hámarksrennsli 200 ára flóðs 2550 m³/s. Þessar tölur miðast við notkun rennslisgagna frá 1951 til 2016 líkt og fjallað var um í §3.3.2.

Til viðbótar var gerð grein fyrir flóðum af völdum ísstíflna sem geta, samkvæmt sögulegum gögnum, haft meiri útbreiðslu en 200 ára flóð á ákveðnum svæðum. Hér er um að ræða ísstífluflóð af svipaðri gerð og flóðin sem áttu sér stað í janúar árið 1983 við Kaldaðarneshverfi, í febrúar árið 1984 og í janúar árið 2001 yfir Sorta. Rétt er að taka fram að ekki er vitað um líkindi ísstífluflóðanna.

Í köflum 4.2 og 4.3 eru raktar helstu breytur í hermunum flóðanna.

4.2 Hæðargögn

Við straumfræðilega útreikninga var gerlegt að nota landlíkan í 10·10 m upplausn. Landlíkanið var sérstaklega aðlagð að vatnafari. Hæðarnákvæmni landlíkansins er á bilinu 0,1–1 m. Líkanið byggir á 3. útgáfu ArcticDEM landlíkansins og hæðargögnum sem mæld voru árin 2007–2009 af Samsýn ehf. og Vegagerð Ríkisins (Tafla 7, Mynd 13):

- ArcticDEM landlíkanið er yfirborðslíkan⁶ í 2·2 m upplausn sem nær til alls norðurheimskautssvæðisins (Porter o.fl., 2018). Líkanið er unnið upp úr WorldView gervitungla-myndum í samstarfi við ýmsa bandaríska aðila (Polar Geospatial Center, 2016). Staðsetningar- og hæðarnákvæmni gagnanna, eftir leiðréttingu, er að jafnaði um 1 m.
- Hæðargögn frá Samsýn ehf. eru punktaský og brotlínur sem byggja á myndmælingu og ná yfir svæði frá Skeiðum niður að Ölfusárósi. Þéttleiki punktaskýs er að jafnaði um 0,2 punktar/m² og hæðarnákvæmni 0,15–0,20 m. Rétt er að taka fram að gróður og byggingar hafa verið fjarlægðar úr gögnunum.
- Hæðargögn frá Vegagerð Ríkisins eru GPS mælingar og hæðarsnið af Langholtsvegi, frá Þjóðvegi 1 að vegamótum við veginn að Stóru-Ármótum, og af Oddgeirshólavegi frá Þjóðvegi 1 að bænum Litlu-Reykjum. Áætla má, út frá þeim aðferðum sem beitt var við gagnaöflunina, að hæðarnákvæmni gagnanna sé um 5 cm að jafnaði.

⁶ þ.e.a.s. ekki er búið að fjarlægja gróður né mannvirki þar sem þessi fyrirbæri eru til staðar.

Velja þurfti upplausn sem skilaði raunhæfum en jafnframt nákvæmum niðurstöðum við líkan-keyrslurnar innan ásættanlegs tímaramma. Miðað við tiltækan hug- og vélbúnað, sem er það sem aðallega ræður því hve langan tíma hermanir taka, var niðurstaðan að nota landlíkan í upplausninni 10·10 m. Í þeirri upplausn er landslag og landmyndanir á stærri svæðum almennt séð nokkuð nákvæmt og óvissa lítil í hermunum. Hins vegar þegar fyrirbæri eru til staðar, sem eru minni eða af svipaðri stærðargráðu og upplausn líkansins þ.e. 10·10 m eða minni eykst óvissan og nákvæmni minnkar. Sérstaklega ber að taka fram í því samhengi að línuleg manngerð fyrirbæri s.s. vegir, varnargarðar⁷ og/eða skurðir sem oft á tíðum eru minni en áður nefnd upplausn koma því illa eða jafnvel ekki fram í landlíkaninu.

4.2.1 Hermun ísstífluflóða með breytingum á landlíkani

Tvær aðferðir voru prófaðar til að líkja eftir ísstíflum undir Hestfjalli og við Kaldaðarneshverfi. Til að herma ísstífluflóð undir Hestfjalli voru hindranir fyrir flóðvatn í farvegi Hvítár settar í landlíkanið með því að breyta líkaninu við ísstíflustaðina IJS-7, IJS-8 og IJS-13 (Mynd 5). Breytingarnar á landlíkaninu, sem líkja má við að sett sé há stífla í farveginn þveran, gera það að verkum að allt flóðvatn leitar upp úr farvegi árinna við hindranirnar. Við Kaldaðarneshverfi (ísstíflustað IJS-1) var farvegi Ölfusár í landlíkaninu hins vegar breytt þannig að þrengt var að rennslinu án þess að hindra það alveg, aðeins hluti flóðvatnsins rennur því upp úr farveginum.

Tafla 7. Hæðargögn sem nýtt voru í líkanreikningum.

Gagnaveitandi	Hæðargögn	Tímabil	Hæðarnákvæmni (m)
Polar Geospatial Center	Yfirborðslíkan (ArcticDEM)	2013–2015	1
Samsýn ehf.	Punktaský og brotlínur	2007–2008	0,1
Vegagerðin	Hæðarsnið	2009	0,05

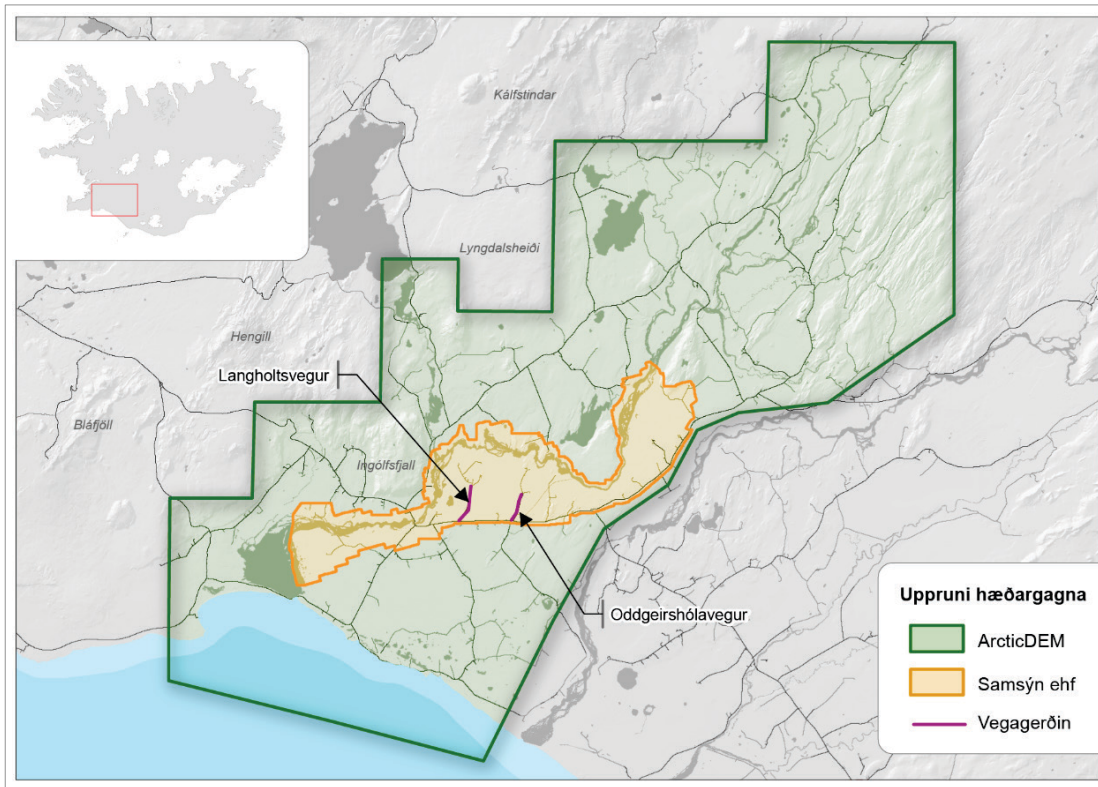
4.3 Straumfræðilíkan

Við hermun flóða var forritið GeoClaw notað (Clawpack Development Team, 2017). Flóð eru hermd sem yfirborðsflæði á ógegndræpum fleti, þ.e.a.s. flæði vatns stjórnað einungis af undirliggjandi landlíkani og hrýfisstuðli Mannings. Forritið leysir Saint Venant jöfnurnar í tveimur víddum⁸, en á ensku kallast þær í daglegu tali “shallow water equations” enda lýsa þær flæði grunns vökva þar sem dýpið er lítið í samanburði við láréttar vegalengdir.

Forritið var upprunalega hannað til að herma myndun og útbreiðslu flóðbylgna en hefur einnig verið notað til að herma m.a. flóð af völdum stífluofs (George, 2011) og sjávarflóðs (Mandli & Dawson, 2014). Á Íslandi hefur GeoClaw verið notað við hermun á flóðbylgju sem varð í Öskjuvatni árið 2014 eftir að berghlaup gekk út í vatnið (Gylfadóttir o.fl., 2017) og við hermun á jökulhlaupum í Jökulsá á Fjöllum (Sigríður S. Gylfadóttir o.fl., 2017) og Skaftá (Matthías Á. Jónsson o.fl., 2018; Emmanuel Pagneux o.fl., 2018).

⁷ T.d. garðar við Flóaáveituskurðinn.

⁸ Tvívið hermun býður upp á viðeigandi nálgun fyrir víðar og flatar flóðsléttur þar sem flóðvatn rennur eftir mismunandi leiðum utan hefðbundins farvegar og hefur mismunandi vatnsborð og rennslishraða í margar áttir (US Army Corps of Engineers, 2016).



Mynd 13. Dreifing hæðargagna sem nýtt voru við gerð landlíkans fyrir straumfræðilega líkanreikninga. Kortagrunnur: Landmælingar Íslands.

4.3.1 Hrífisstuðull flóðaslétu

Í straumfræðilegum líkanreikningum þarf að stilla hrýfisstuðul sem lýsir viðnámi flæðis við undirliggjandi yfirborð. Notast er við Mannings hrýfisstuðul í reikningum með GeoClaw en gildi hans fyrir margskonar náttúrleg og manngerð yfirborð er þekkt (Chow, 1959).

Með GeoClaw er aðeins hægt að notast við eitt gildi á Manningstuðli í hverri hermun, ekki er hægt að hafa mismunandi gildi fyrir bakka og farveg árinna eða mismunandi svæði. Samkvæmt gagnagrunni Landbúnaðarháskóla Íslands (Fanney Ósk Gísladóttir o.fl., 2014) er flóðsléttan innan hættumatssvæðisins samblanda af graslendi, ræktuðu landi, mólendi og votlendi. Notast var við gildið $0,03 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1/3}$ í reikningunum en það samsvarar þessum yfirborðsgerðum best (Tafla 8). Rétt er að taka fram að flóðin verða oftast á vetrartíma (Sjá § 3.1), þegar hrýfi graslendis og ræktað lands er minnst (Chow, 1959; Plakane, 2017).

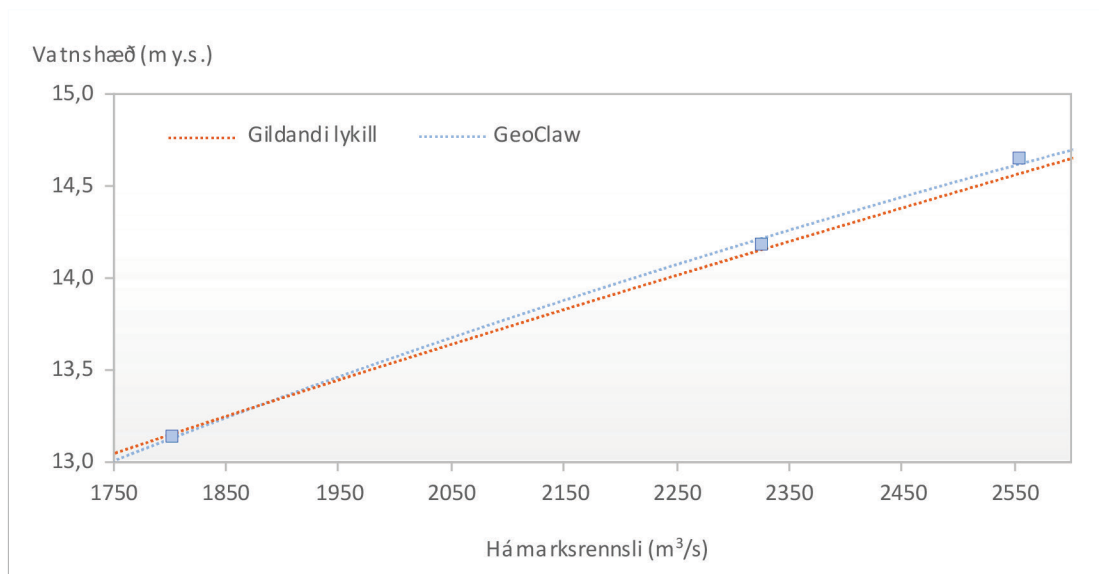
Tafla 8. Gildi Manningsstuðuls fyrir graslendi, ræktað land og kjarrlendi (Chow, 1959).

Yfirborðsgerð	Lágmarksgildi	Meðalgildi	Hámarksgildi
Graslendi			
Gresja (e. short grass)	0,025	0,030	0,035
Hátt gras	0,030	0,035	0,05
Ræktað land			
Engar nytjaplöntur	0,02	0,03	0,04
Fullvaxta raðir nytjaplantna	0,025	0,035	0,045
Fullvaxta samfelldar nytjaplöntur	0,03	0,04	0,05
Kjarrlendi			
Dreift kjarr, mikið illgresi	0,035	0,05	0,07
Gisið kjarr og tré, að vetri	0,035	0,05	0,06
Gisið kjarr og tré, að sumri	0,04	0,06	0,08
Miðlungspétt og pétt kjarr, að vetri	0,045	0,07	0,11
Miðlungspétt og pétt kjarr, að sumri	0,07	0,1	0,16

4.3.2 Kvörðun straumfræðilíkans

Fyrir reikninga af flóðum með áætlaðan endurkomutíma var straumfræðilíkanið kvarðað með hliðsjón af rennslislyklinum við vatnshæðarmæli 64 (Mynd 14) sem og ljósmyndum og vatnshæðar- og útbreiðslumælingum af flóðinu í desember 2006 í Ölfusá og þverám hennar (Viðauki I). Svæðin sem voru skoðuð vegna kvörðunar líkansins eru Auðsholtshverfi, Ólafsvallahverfi, Áshildarmýri, Stóra-Ármót, Laugarbakkar, Selfoss og Kaldaðarneshverfi. Tekið var tillit til miðlunaráhrifa (a) forða flóðvatns í Hestvatni, (b) útflæðis vatns frá Skeiðum í farvegi Bugalæks og (c) flæði vatns úr Hvítá í Álftavatn.

Fyrir reikninga af ísstífluflóðum var straumfræðilíkanið kvarðað með hliðsjón af ljósmyndum og myndскеiðum af atburðum sem gerðust í janúar 1983, febrúar 1984, og janúar 2001 (Viðauki I).



Mynd 14. Samanburður æstæðra GeoClaw líkanreikninga og núgildandi rennslislykils við vatnshæðarmæli 64, með Manning stuðli $0,03 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1/3}$.

4.3.3 Flóðaferlar

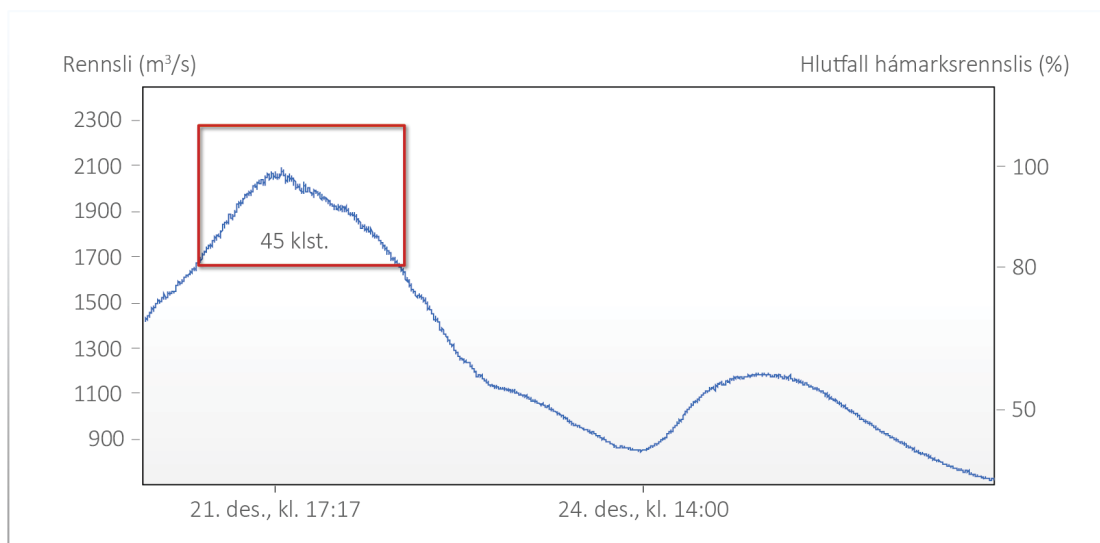
4.3.3.1 Flóð með áætlaðan endurkomutíma

Hermarnir 25, 100 og 200 ára flóða fyrir Ölfusá og Hvítá voru miðaðar við vatnshæðarmælingar við Selfoss fyrir tímabilið 1951 til 2016. Fjögur flóð í mæliröðinni eru með lengri endurkomu tíma en 20–25 ár, flóðin 1960, 1962, 1968 og 2006 (Tafla 4). Þessi flóð vöruðu í 8–23 daga. Vöxtur flóðanna tók 3–5 daga en þau hjöðnuðu á 3–19 dögum.

Líkanreikningar voru framkvæmdir í tveimur hlutum, annars vegar fyrir Auðsholtshverfi og hins vegar frá ármótum Brúarár og Hvítár. Til að herma útbreiðslu flóða við Auðsholtshverfi var stöðugt rennsli látið renna frá upptakasvæðum í Tungufljóti, Hvítá, Stóru-Laxá og Litlu-Laxá. Hermanirnar ná yfir 72 klukkustundir frá upphafi rennslis við upptakasvæðin.

Til að meta útbreiðslu flóðanna á Skeiðum og niður eftir var flóðvatn látið renna frá ármótum Brúarár og Hvítár annars vegar, og hins vegar frá Soginu. Í Soginu var notað stöðugt rennsli en frá ármótum Brúarár og Hvítár var notast við tímaháða reikninga. Hermanir ná yfir 84 klukkustundir frá upphafi rennslis við upptakasvæðin.

Til þess að hægt væri að herma rennsli yfir hættumatssvæðið á raunhæfum tíma voru reikningarnir aðeins framkvæmdir fyrir efsta hluta flóðaferla, þar sem upphafs- og lokagildi rennslis er skorðað við 80% hámarksrennsli flóðanna. Lögun vaxtar og hjöðunar hermdu flóðanna var miðuð við rennslisferil flóðsins í desember 2006 (Mynd 15). Gert var ráð fyrir að vöxtur flóðanna tæki 15 klst. og að hjöðnun þeirra tæki 30 klst.



Mynd 15. Rennslisferill flóðs í desember 2006. Lögun vaxtar og hjöðnunar hermdu flóðanna var miðuð við efsta hluta ferilsins (Rauður kassi).

4.3.3.2 Ísstífluflóð

Undir Hestfjalli er farvegur Hvítár þröngur og með hallandi beygjum sem auðvelda, á stöku stað, myndun skammlífra ísstíflna. Til að herma flóð af völdum ísstíflu með þessum hætti var stöðugt rennsli látið renna á móti hindrunum í farvegi Hvítár sem líkja eftir ísstíflum. Breytingar í landlíkani (§4.2.1) gerðu það að verkum að allt flóðvatn leitaði upp úr farvegi árinna við hindranirnar.

Farvegur Ölfusár við Kaldaðarneshverfi og neðan þess er breiður og hallar lítið, m.ö.o. auðveldar umhverfið myndun umfangsmikilla og langlífra ísstíflna. Til að herma flóð af völdum ísstíflu með þessum hætti var stöðugt rennsli látið renna í farvegi Ölfusár, frá Geitanesi niður til sjávar. Landlíkaninu var breytt þannig (§4.2.1) að þrengt var að rennslinu án þess að hindra það alveg, aðeins hluti flóðvatnsins flæmdist því upp úr farveginum.

Þar sem hvorki er vitað um líftíma ísstífla né um rennsli vatns á landi í ísstífluflóðatilfellum voru rennslisgildi og varandi⁹ ístruflunar valin í blindni. Reikningarnir ná yfir 48 klukkustundir frá því að flæða fer úr farveginum.

⁹ Varandi: Tímaskeið sem eitthvað varir (e. „duration“) Hér er átti við hugsanlegan tíma sem ísstíflur standa og valda því að vatn leiti upp úr farveginum og flæði yfir land.



Mynd 16. Landbrot og rof. Vinstri: Minjar frá seinni heimsstyrjöldinni skolest út í Ölfusá vegna ágangs árinna við Kaldaðarnes (Júní 2011). Hægri: Rof í vesturgarði Flóaáveituskurðar (maí 2009). Ljósmyndari: Emmanuel Pagneux.

4.3.4 Landbrot og rof

Ekki var gert ráð fyrir landbroti eða rofi varnargarða, sökum ágangs straumvatns og jakahranna, í hermununum. Þetta er einföldun því að ljóst er af ummerkjum, sérstaklega við Kaldaðarneshverfi (Mynd 16), að talsverðar breytingar hafa orðið á farvegi Ölfusár í gegnum árin. Slíkar breytingar verða sérstaklega í flóðum. Að sögn Jörundar Gaukssonar (skrifleg samskipti, 10 sept. 2018) rofnaði varnargarðurinn við Kaldaðarnes ekki í janúarflóðinu 1983 heldur flæddi áin yfir bakkann austarlega á jörðinni en á 7. áratugnum kom skarð í varnargarðinn fyrir framan bæjarhúsin. Hann var lagaður í kjölfarið og ný skörð hafa ekki opnast eftir það að hans sögn.

4.3.5 Írennsli

Ekki var gert ráð fyrir að írennsli hefði áhrif á útbreiðslu flóða. Innan hættumatssvæðisins verða flóðin oftast á vetrartíma, þegar jörðin er frosin og skurðir ísilagðir. Því má búast við að áhrif írennslis í flóðum séu lítil. Í stórum flóðum sem dreifa sér yfir víðfeðm svæði verður írennsli þó alltaf eitthvað og það getur því haft áhrif, sérstaklega á útbreiðslu langt frá megin farvegum.

4.4 Tjónmætti flóðvatns

Tjónmætti¹⁰ flóðvatnsins var metið. Við matið var horft til þess hvort straumhraði og vatnsdýpi verði umfram það sem líklegt er að mannvirki þoli eða hvort að lífum sé samstundis ógnað. Notaður var fjögurra stiga kvarði eftir Pagneux & Roberts (2015), sem er lýst í töflu 7. Sú stærð sem notuð var til að ákvarða stig hættu er margfeldi dýpis og straumhraða, skammstafað á ensku sem dv . Margfeldið hefur verið notað víða um heim sem vísir til að greina líkindi þess að fólk falli við og slasist¹¹ á meðan vaðið er í flóðvatni. Á Íslandi hefur þessi aðferð verið notuð til að greina tjónmætti af völdum Skaftárhlaupa (Emmanuel Pagneux o.fl., 2018) og jökulhlaupa af völdum eldsumbrotum í Öräfajökli og Kötlu (Pagneux & Roberts, 2015).

¹⁰ Tjónmætti er flokkun á hversu miklar skemmdir/tjón geta orðið vegna atburðar óháð því hvort byggð eða mannvirki séu til staðar.

¹¹ Í borgarumhverfi er mælt með að notast við margfeldið dv^2 í staðinn fyrir margfeldið dv . Sjá nánar: Pagneux & Roberts (2015).

Tjónmætti efnis sem flóð flytja með sér, meðal annars íss, sem og mögulegt tjón á lífi vegna vatnsmengunar eða ofkælingar (Lloyd, 1996) sé fólk óvarið á ferð í straumnum¹² voru ekki metin.

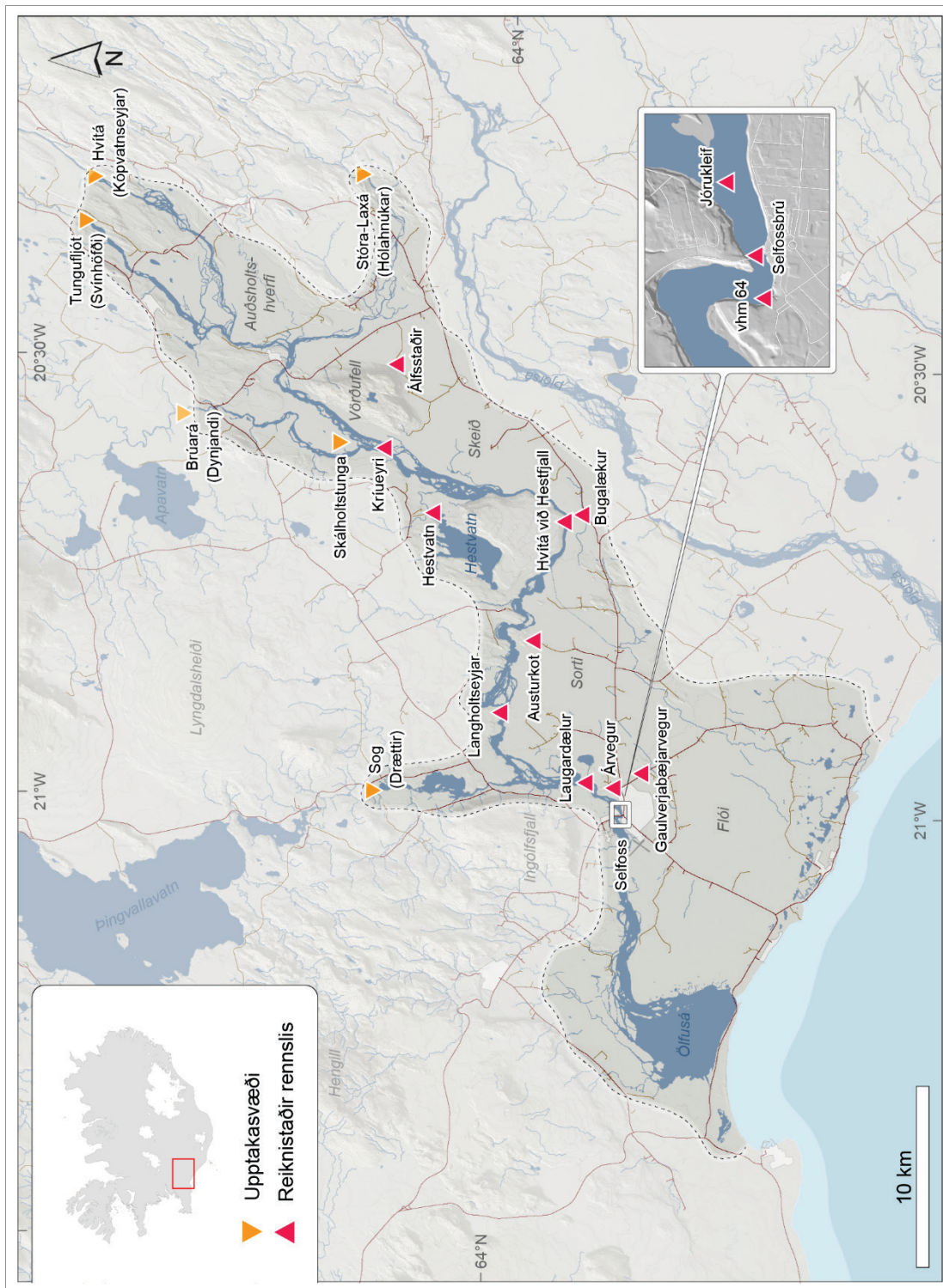
4.5 Úttaksgögn

Tölur yfir flóðadýpi og rennslishraða voru reiknaðar á 60 mínútna fresti og skrifaðar út á reglulegu reiknineti með 10 m upplausn. Við lok líkanreikninga hvernar sviðsmyndar voru hæstu gildi dýptar og hraða vistuð fyrir hvern stakan reit innan svæðisins og tölur um útbreiðslu og tjónmættisstuðul reiknaðar. Hámarksrennsli var reiknað út á 60 mínútna fresti á lykilstöðum (Mynd 17).

Tafla 9. Kvarði yfir tjónmætti flóða (Pagneux & Roberts, 2015).

Hætta	Margfeldi dýpis og straumhraða (m ² /s)	Tjón á byggingum	Manntjón
Lítil	< 0,25	Að mestu bundið við tjón á innbúi og húsgögnum	Slys eða dauðsföll ólíkleg
Hófleg	0,25 – 1,3	Byggingar standast flóð en reikna má með nokkrum skemmdum	Hætta fyrir börn og eldra fólk, bæði inni í byggingum og utan þeirra
Mikil	1,3 – 7	Eyðilegging léttbyggðra bygginga	Allir sem verða fyrir flóðinu eru í lífshættu, bæði inni í húsum og utandyra
Geysimikil	≥ 7	Alger eyðilegging allra húsa nema þeirra sem eru sérstaklega styrkt. Steinsteyp, járn bent hús skemmast að því marki að þau eru ónýt eftir.	Allir sem verða fyrir flóðinu eru í lífshættu, bæði inni í húsum og utandyra

¹² Meðalhiti vatns í Ölfusá yfir vetrartímann er einungis 1°C.



Mynd 17. Upptakasvæði og reiknistaðir rennslis hermdra flóða. Kortagrunnur: Landmælingar Íslands.

5 Helstu niðurstöður

Niðurstöður rannsóknarinnar¹³ gefa til kynna að 230 km² af landi utan almennra árfarvega og vatna geti orðið fyrir áhrifum flóða innan hættumatssvæðisins. Þar af geta 60 km² orðið fyrir áhrifum ísstífluflóða (Sérkort 1). Útbreiðsla flóðs með 25 ára endurkomutíma er metin 90 km². Útbreiðsla 100 ára flóðs er metin tvöfalt meiri eða 180 km². Útbreiðsla 200 ára flóðs er metin 210 km².

5.1 Flóð með áætlaðan endurkomutíma

5.1.1 Útbreiðsla

5.1.1.1 Auðsholtshverfi og Skeið

Landslag ofan við Laugarás veldur því að Auðsholtshverfi breytist í lón í flóðum (Sérkort 2). Við Iðu rennur allt flóðvatn 25 ára flóðs í farvegi Hvítár en í stærri flóðum nær flóðvatn yfir Skálholtsveginn milli Iðu og Reykja. Vatn 200 ára flóðs rennur áfram austan við Vörðufell, nær yfir Vorsabæjarveg við Álfstaði og leitar suður að Húsatóftum og Vorsabæjum (Sérkort 2, sérkort 3), eftir farvegum í Fljótinu og Kotastekksdælum sem og yfir Rauðaflag.

Flóðvatn sem berst niður úr Auðsholtshverfi og frá Brúará sameinast á Skeiðum. Vatnið leitar í austur, til Brautarholts og út á Löngumýrar (Sérkort 3). Vatnsyfirborð hækkar í Hestvatni sem virkar sem miðlunarlón. Flóðvatn kvíslast út af Skeiðum í tveimur farvegum en þó nokkur hluti fer eftir farvegi Bugalækjar, sem Skeiða- og Hrunamannavegur liggur meðfram.

5.1.1.2 Sorti

Í flóðum með 100 og 200 ára endurkomutíma leitar vatn upp úr farvegi Hvítár við Brúnastaði og/eða Austurkot og flæðir þaðan yfir svæðið Sorta (Sérkort 4). Vatn úr Bugalæk og Hvítá sameinast við Hrygg og rennur þaðan suður að Kjartansstöðum og Skeggjastöðum. Frá Kjartansstöðum og Skeggjastöðum rennur vatnið yfir Flóa til Stokkseyrar.

Meginhluti flóðvatns, sem rennur frá Austurkoti og Brúnastöðum yfir Sorta, flæðir vestur yfir Langholtsveginn, að Laugardælavatni. Þaðan rennur vatnið í tvær áttir, til Ölfusár annars vegar og hins vegar suðvestur yfir Hringveginn til Stokkseyrar. Vegurinn virkar að hluta til sem varnargarður og gerir það að verkum að hluti flóðvatnsins rennur til Selfoss. Í 200 ára flóði rennur flóðvatn milli Austurkots og Oddgeirshóla. Þaðan fer vatnið aftur í farveg Hvítár ofan við Langholtseyjar.

5.1.1.3 Selfoss

Í 100 og 200 ára flóðum leitar vatn upp úr farvegi Ölfusár við Selfosskirkju (Mynd 18). Þaðan rennur flóðvatn yfir Þóristún, en án þess að geta farið alla leið aftur til Ölfusár eftir lægð sem liggur milli Selfossbæja og Túnahverfis. Vatn sem kemur frá Sorta nær yfir Laugardælavegin og Árveginn og rennur áfram til Ölfusár upp með Jórúkleif. Einnig nær vatn yfir Gaulverjabæjarveginn við Háaleiti og þaðan til Landa-, Tjarna- og Grundahverfanna. Í 200 ára flóði

¹³ Sérkortin sem vísað er í og sýnd eru í þessum kafla eru sér afurðir sem hægt er að nálgast í fullri upplausn, sjá heimildaskrá.

rennur flóðvatn frá ofangreindum hverfum áfram til Ölfusár en það kemur þvert á ána niður með Selfossbrúnni.

5.1.1.4 Ölfusá neðanverð og byggðin við ströndina

Í 100 og 200 ára flóðum nær flóðvatn að flæða lítillga yfir varnagarðinn við Kaldaðarnes (Sérkort 5). Í Ölfusforum nær vatn yfir Botnsmýri og flæðir langt upp í farvegum Varmár og Gljúfurár. Við ósinn nær vatn 200 ára flóðs að flæða yfir Eyrarbakkaveg, í gamla farvegi árinna¹⁴ annars vegar og hins vegar við Óseyrarnes en þar rennur flóðvatn til Eyrarbakka.

Vatn 100 og 200 ára flóða sem kemur frá Sorta og Bugalæk rennur yfir mýrar milli Hróarsholts og Sölvholts, flæðir yfir Gaulverjabæjarveginn við Bár og þaðan til vatnanna ofan við Stokkseyri (Sérkort 6). Flóðvatn nær til sjávar við Baugsstaði.

5.1.2 Vatnshæð

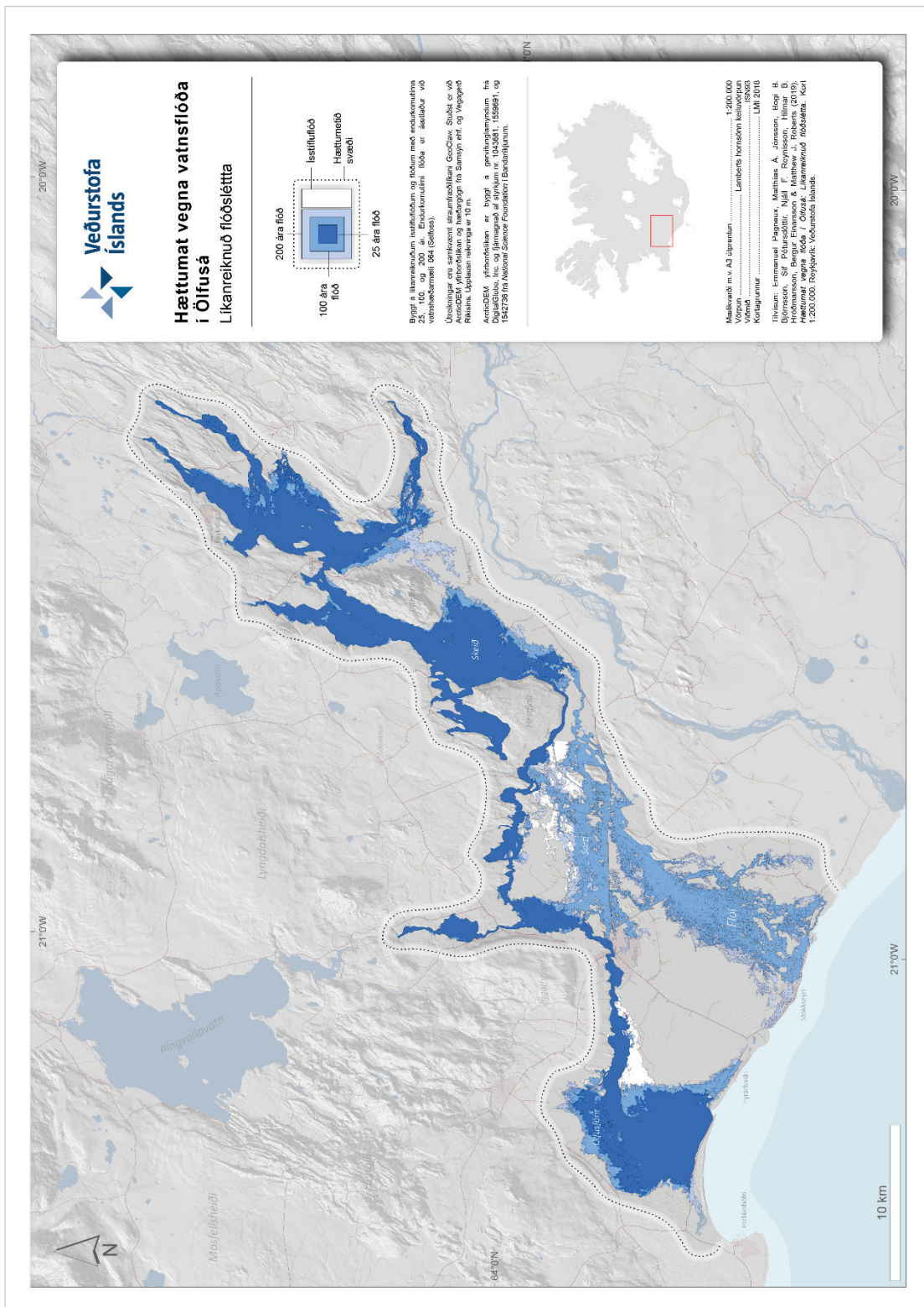
Samkvæmt útreikningunum með GeoClaw má búast við að vatnshæð í farvegi Ölfusár við Selfoss sé 37–42 cm hærri, heldur en var í flóðinu í desember 2006, fyrir 100 ára flóð og 81–90 cm hærri fyrir 200 ára flóð (Mynd 19). Fyrir 25 ára flóð má búast við að vatnshæðin sé 39–48 cm lægri. Við mæli 64 er mismunur milli vatnshæða flóðatílfella í samræmi við gildandi rennslislykil.

5.1.3 Hámarksrennsli

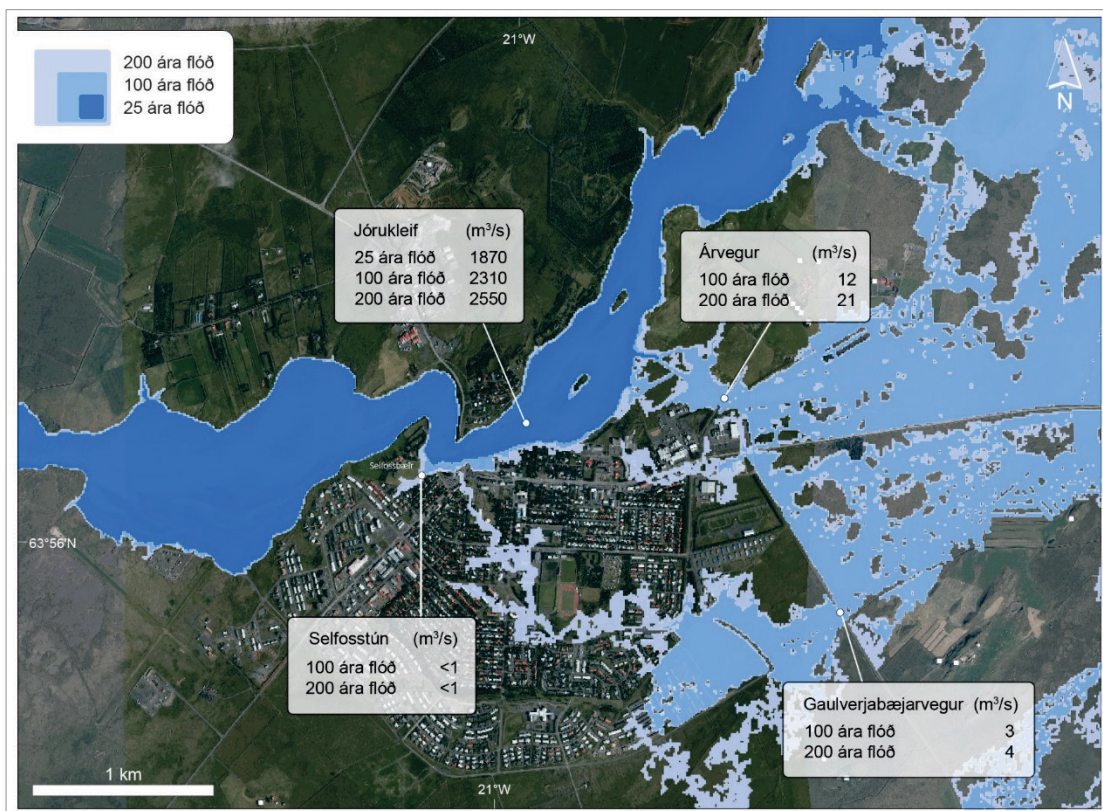
Hámarksrennsli við Kríueyri er metið 2210 m³/s fyrir 25 ára flóð, 2640 m³/s fyrir 100 ára flóð og 2880 m³/s fyrir 200 ára flóð (Tafla 10). Tímabundinn forði flóðvatns í Hestvatni, samhliða útflæði í farvegi Bugalæks í 100 og 200 ára flóðum, leiðir til lækkunar hámarksrennslis í Hvítá undir Hestfjalli um 390–420 m³/s. Inn í Hestvatn er hámarksrennslið metið 390 m³/s fyrir 25 ára flóð, 530 m³/s fyrir 100 ára flóð og 600 m³/s fyrir 200 ára flóð. Við Bugalæk er hámarksrennsli fyrir 100 ára flóð metið 100 m³/s og fyrir 200 ára flóð er hámarksrennsli metið 200 m³/s.

Hámarksrennsli í Ölfusá við Selfoss er 330–340 m³/s lægra en hámarksrennsli við Kríueyri. Yfir Árveg, milli Selfoss og Laugardæla, er hámarksrennsli metið 10 m³/s fyrir 100 ára flóð og 20 m³/s fyrir 200 ára flóð (Tafla 10 og Mynd 18). Yfir Gaulverjabæjarveg er hámarksrennsli metið < 5 m³/s, og svo < 1 m³/s yfir Selfosstún.

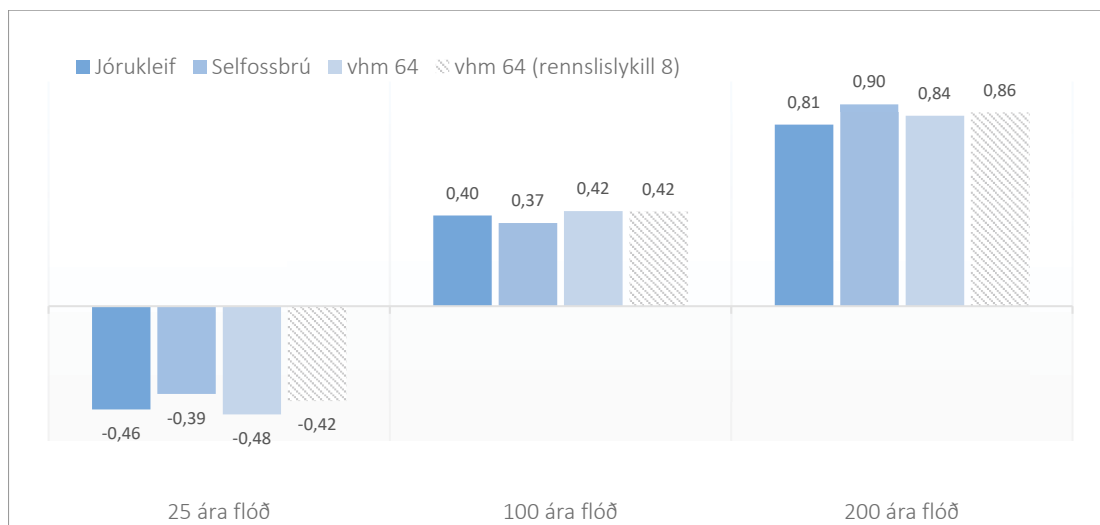
¹⁴ Hafnarskeið.



Sérkort 1. Líkanreiknuð flóðslétta. Niðurstöður byggja á líkanreiknuðum isstífluflóðum og flóðum með endurkomutíma 25, 100, og 200 ár. Kortagrunnur: Landmælingar Íslands.



Mynd 18. Útreiknað hámarksrennsli og útbreiðsla flóða við Selfoss. Loftmynd: Loftmyndir ehf.



Mynd 19. Útreiknaðar vatnshæðir við Selfoss, í metrum, bornar saman við vatnshæð í flóðinu í desember 2006. Vatnshæðir samkvæmt gildandi rennsislykli við mæli 64 eru sýndir til samanburðar. Reiknistaðir eru sýndir á mynd 17.

Tafla 10. Reiknað hámarksrennsli 25, 100 og 200 ára flóða (rennsli $>10 \text{ m}^3/\text{s}$ er námundað að næsta tug). Reiknistaðir eru sýndir á mynd 17.

Reiknistaður	25 ára flóð	100 ára flóð	200 ára flóð
Álfsstaðir	-	-	10
Kríueyri	2210	2640	2880
Hestvatn*	390	530	600
Bugalækur	-	100	200
Hvítá við Hestfjall	1810	2260	2470
Austurkot	-	-	3
Langholtseyjar	1810	2260	2430
Selfoss (Jórúkleif)	1870	2310	2550
Selfoss (Selfosstún)	-	<1	<1
Selfoss (Árvegur)	-	10	20
Selfoss (Gaulverjabæjarvegur)	-	3	4

*Innrennsli útreiknað við Vatnsnes

5.2 Ísstífluflóð

Við Sorta er útbreiðsla flóða af völdum ísstíflu undir Hestfjalli ekki mjög frábrugðin útbreiðslu 200 ára flóðs. Þegar ísstífluflóð eiga sér stað leitar vatn úr farvegi Hvítár við Brúnastaðaflátir eða við Brúnastaðanes án þess að rennsli bætist við úr Bugalæk. Reiknuð útbreiðsla samsvarar sögulegum athugunum best fyrir þær hermanir þar sem líftími ísstíflunnar¹⁵ er 6 klst. og rennsli vatns upp úr árfarveginum er $\sim 200 \text{ m}^3/\text{s}$.

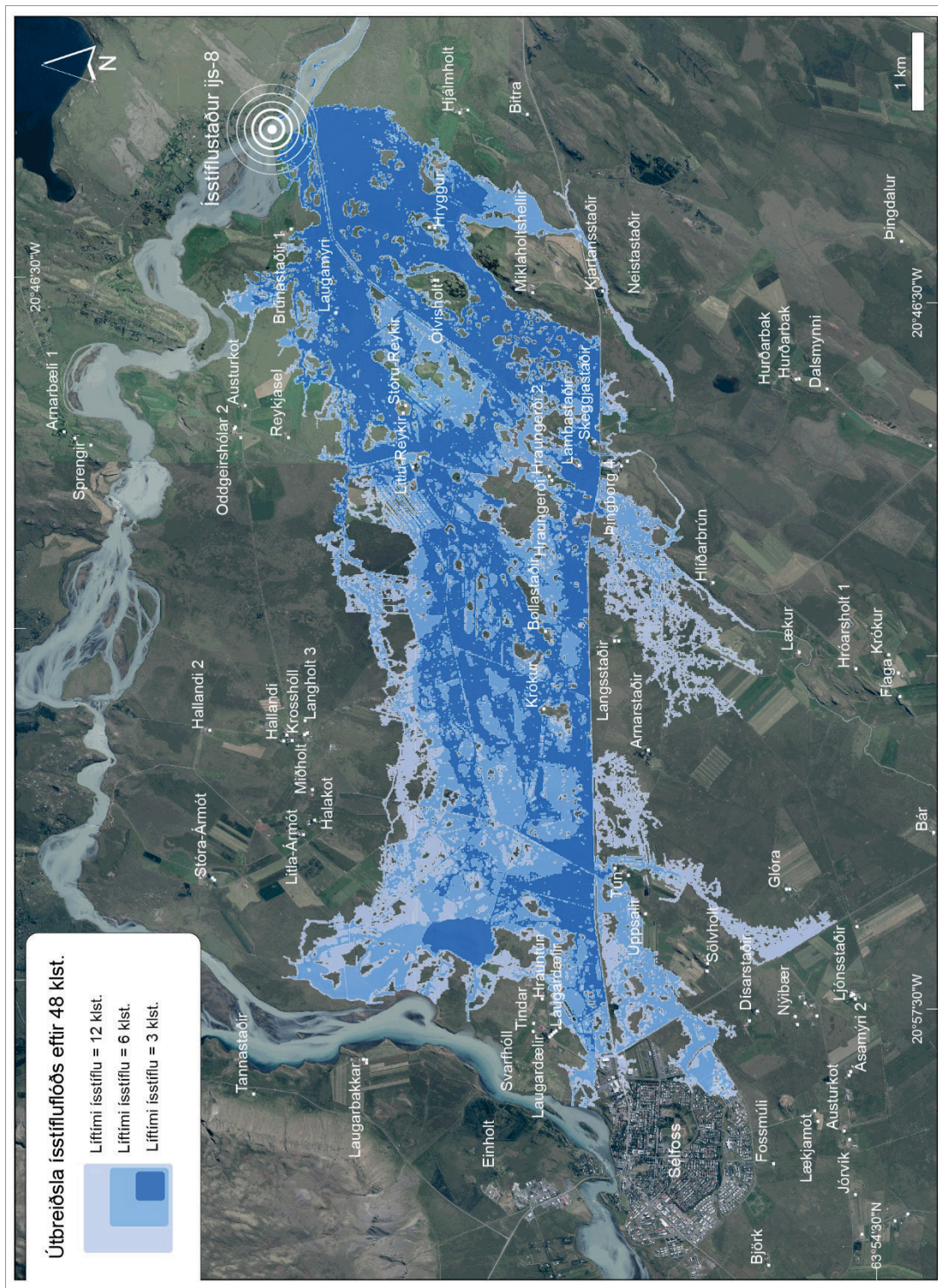
Í hermun sem líkist flóðinu í febrúar 1984 (Mynd 20) leitar flóðvatn úr farvegi Hvítár yfir Brúnastaðaflátir, við upptök Flóaáveituskurðar (Ísstíflustaður IJS-8). Hluti flóðvatns rennur annars vegar til Laugardælavatns og norðurhluta Selfoss og hins vegar til suðurhluta Selfoss og Flóa en þjóðvegurinn gerir það að verkum að mikið vatn á leið þangað vikur til norðurhluta bæjarins. Ef líftími ísstíflu er meiri en 6 klst. má búast við að vatn renni yfir þjóðveginn á mörgum köflum, meðal annars milli Kjartansstaða og Skeggjastaða, við Oddgeirshólaveg, Arnastaðaveg og Langholtsveg.

Í hermun sem líkist flóðinu í janúar 2001 (Mynd 21) leitar flóðvatn úr farvegi Hvítár við Kiðjabergr, nálægt Austurkoti (Ísstíflustaður IJS-13). Hluti vatnsins rennur milli bæja Austurkots og Oddgeirshóla og þaðan til farvegar Hvítár ofan við Langholtseyjar. Hinn hlutinn rennur annars vegar yfir Sorta til Laugardælavatns og norðurhluta Selfoss og hins vegar til suðurhluta Selfoss og Flóa en þjóðvegurinn gerir það að verkum að mestallt flóðvatn á leið til Selfoss rennur til norðurhluta bæjarins. Búast má við að vatn renni yfir þjóðveginn við Langholtsveg ef líftími ísstíflu er 6 klst. eða lengri.

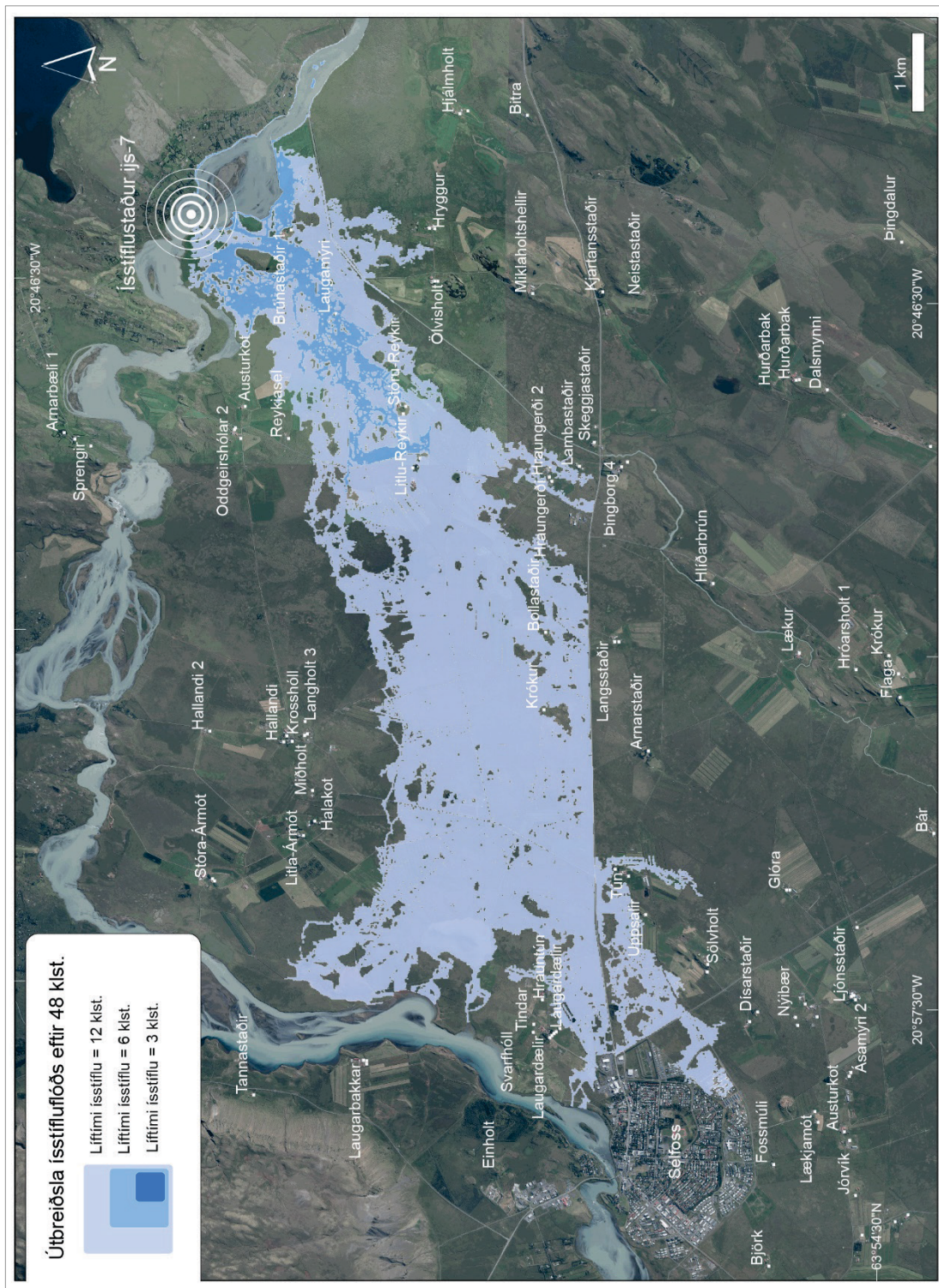
Í hermdu flóði af völdum ísstíflu við Langatanga (Ísstíflustaður IJS-7) leitar vatn úr farvegi Hvítár yfir Brúnastaðanes (Mynd 22). Flóðvatn rennur annars vegar yfir Sorta til Laugardælavatns og norðurhluta Selfoss og hins vegar til suðurhluta Selfoss og Flóa en þjóðvegurinn gerir það að verkum að mestallt flóðvatn á leið þangað leitar til norðurhluta bæjarins. Búast má við að vatn renni yfir þjóðveginn við Langholtsveg ef líftími ísstíflu er 6 klst. eða lengri.

Við Kaldaðarneshverfi er ísstífluflóð af svipaðri gerð og flóðið sem átti sér stað í janúar 1983 umfangsmeira en 200 ára flóð (Mynd 23). Vatn leitar upp úr farvegi Ölfusár yfir Þjórsárhraun við lónið ofan við Flugunes og rennur þaðan meðfram Kotferju. Við Kaldaðarnes flæðir áin yfir bakkann austarlega á jörðinni en einnig yfir varnargarðinn. Vegna landslags nær flóðið nánast hámarksútbreiðslu í upphafi flóðsins, þ.e.a.s. útbreiðslan er ekki háð líftíma ísstíflunnar.

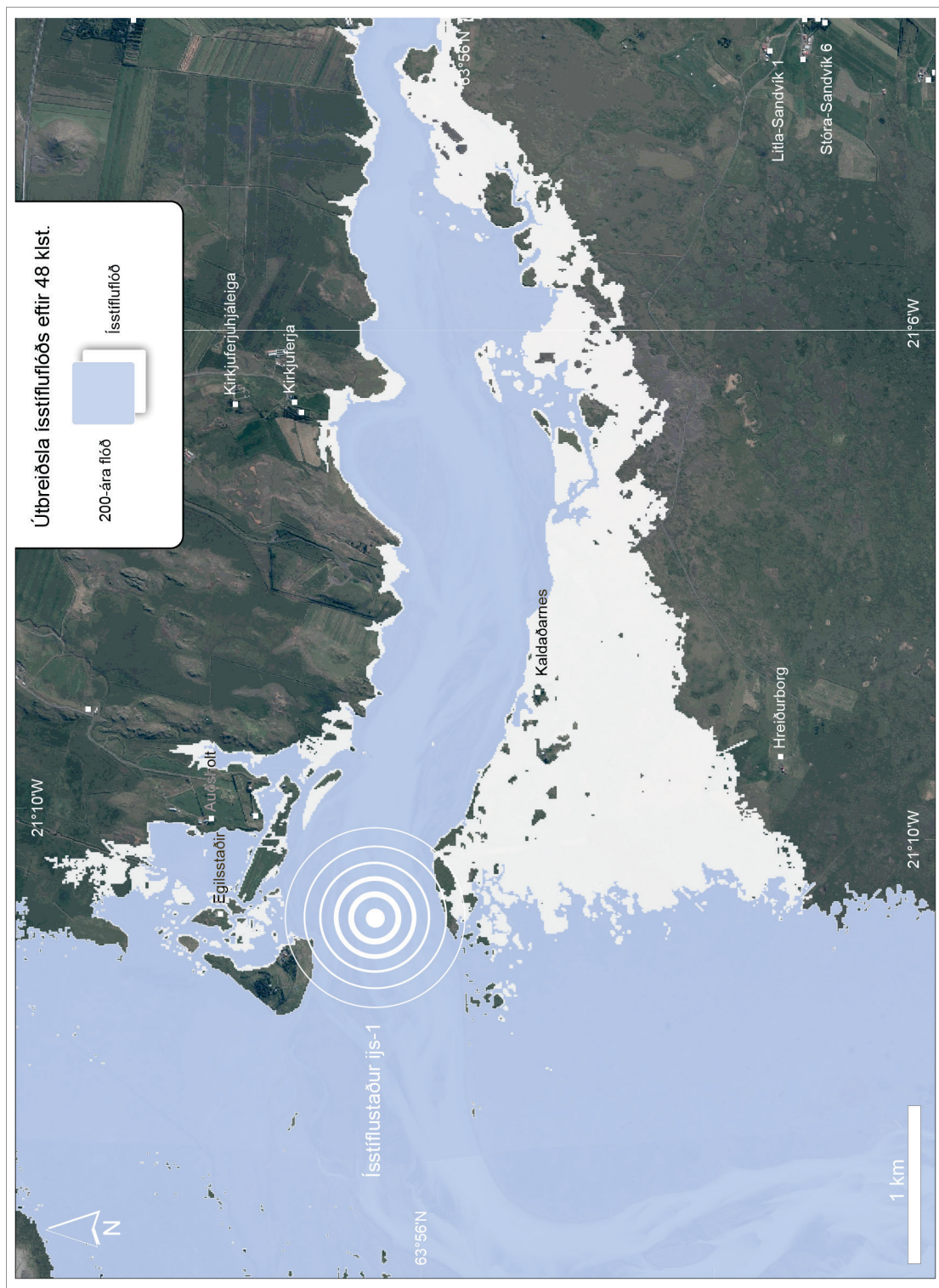
¹⁵ Þ.e.a.s. líftími flóðavaldandi ístruflunar.



Mynd 20. Útbreiðsla flóðs af völdum ísstiflu við Kriutanga (Ísstiflustaður IJS-8). Líftími ísstiflu er 3, 6, og 12 klst. Loftmynd: Loftmyndir ehf.



Mynd 22. Útbreiðsla flóðs af völdum ísstíflu við Langatanga (Ísstíflustaður IJS-7). Líftími ísstíflu er 3, 6, og 12 klst. Loftmynd: Loftmyndir ehf.



Mynd 23. Útbreiðsla flóðs af völdum ísstíflu við Kaldaðarnes (Ísstíflustaður IJS-1). Loftmynd: Loftmyndir ehf.

5.3 Mögulegar afleiðingar

Tjónmætti flóða er lítið á miklum meirihluti flóðsléttunnar, eða 150 km² af landi. Hér er um að ræða austurhluta Auðsholtshverfis og Skeiða, Sorta, Selfoss¹⁶, Ölfusforir og Flóa (Sérkort 7). Á þessum svæðum eru slys eða dauðsföll ólíkleg sé fólk að vaða á meðan flóðunum stendur.

Um 60 km² falla undir hóflegt tjónmætti, í vesturhlutum Auðsholtshverfis og Skeiða, við Áshildarmýri og Merkurlaut sem og við bakka Ölfusár, við Ármótsbakka og Kaldaðarnes. Á þessum svæðum er flóðvatn hættulegt fyrir börn og eldra fólk. Tjónmættið er aðeins metið mikið í næsta nágrenni við árfarveginn en á þessum svæðum eru allir sem verða fyrir flóðum í lífshættu.

5.3.1 Byggingar og vegakerfi

Samkvæmt gögnum frá OpenStreetMap (OpenStreetMap Contributors, 2018) virðast um 240 byggingar vera í heild eða að hluta innan flóðsléttunnar, þar af eru 170 á Selfossi. Í dreifbýli er aðallega um að ræða útihús bóndabæja og nýbyggð sumarhús. Nokkur sumarhús, t.d. við Merkurlaut og Hraunvelli, standa á svæðum þar sem má reikna með skemmdum á byggingum.

Nær allar byggingar sem eru innan flóðasvæða á Selfossi, sérstaklega má nefna Heilbrigðisstofnun Suðurlands, Fjölbrautaskóla Suðurlands og Vallaskóla, standa á svæðum þar sem rennslishraði er metinn minni en 0,5 m/s og flóðdýpt minni en 0,10 m. Þar af leiðandi mætti gera ráð fyrir tjóni vegna yfirborðsflæðis¹⁷ ofan í kjallara þar sem þeir eru til staðar.

Um 80 km af vegaköflum virðast geta farið undir vatn í flóðum, þar af eru 3,2 km af hringveginum milli Selfoss og vegamóta við Skeiða- og Hrunamannaveg (Tafla 11). Af öllum vegum virðast Gaulverjabæjarvegur og Skálholtsvegur hvað mest berskjaldaðir.

¹⁶ Að undanskildum flóðasvæðum við bakka Ölfusár.

¹⁷ Flæði upp úr niðurföllum, brunnum og pípulögnum er ekki skoðað.

Tafla 11. Vegir innan flóðasléttu, flokkaðir eftir flóðatilfellum. Lengdir eru gefnar í kílómetrum.

Vegir	25 ára flóð	100 ára flóð	200 ára flóð	Ísstífluflóð	Allt
Eyrarbakkevegur	-	1	2,6	0,2	2,6
Gaulverjabæjarvegur	-	3,8	5,3	0,2	5,3
Hringvegur	-	1,8	3,1	1,4	3,2
Langholtsvegur	-	0,9	1,7	1,8	2,1
Oddgeirshólavegur	-	1,1	1,6	1,7	2,1
Skálholtsvegur	-	1,1	4,3	-	4,3
Allt	13	44	71	20	78

Vegakerfi skv. kortagrunni IS 50V (Landmælingar Íslands, des. 2017).

6 Ábendingar

Flóð með 25, 100 og 200 ára endurkomutíma við vatnshæðarmæli 64 á Selfossi voru hermd yfir svæði sem liggur frá og með Auðsholtshverfi í Hrunamannahreppi niður til ósa Ölfusár, sem og flóð af völdum ísstíflna við Kaldaðarneshverfi og yfir Sorta. Stærð flóða með valinn endurkomutíma var metinn út frá gögnum frá tímabilinu 1951–2016. Tvívíða straumfræðilíkanið GeoClaw og landlíkan í upplausn 10·10 m voru notuð í hermununum. Almennt eru niðurstöður straumfræðilíkansins í samræmi við þekkingu um flóð sem hafa átt sér stað á síðustu 200 árum innan hættumatssvæðisins.

Við notkun á þessum niðurstöðum verður þó að taka tillit til þekktra óvissupátta og tæknilegra skorða, eins og fram hefur komið:

- Líkanreikningar voru framkvæmdir fyrir flóð með vissan endurkomutíma. Rennslismat flóðanna var ákvarðað út frá flóðagreiningu rennslisraða frá 1951 til 2016 þar sem fram kom að flóð með 200 ára endurkomutíma er um 2550 m³/s. Eins og fram kom í §3.3.2 breytist rennslismat flóðanna með hverju ári sem bætist við mælingarnar og enn fremur getur matið breyst umtalsvert með því að byggja flóðagreiningu ekki aðeins á rekstrartíma vatnshæðarmæla, heldur einnig á þekktum sögulegum flóðum sem orðið hafa utan rekstrartíma tiltekins mælis og jafnvel með því að byggja einungis á hæstu rennslisgildum.
- Flóðhæð og rennsli við Selfoss eru ekki fullkomin nálgun til að meta útbreiðslu flóða í uppsvæðum hættumatssvæðisins, við Auðsholtshverfi og á Skeiðum.
- Lögun og tímalengd (varandi) flóða geta haft áhrif á útbreiðslu vatns yfir land en greining endurkomutíma sem notuð er í þessu hættumati byggir á aðferðafræði þar sem einungis er skoðað mesta augnabliksrennsli hvers árs.
- Flóð voru hermd sem yfirborðsflæði á ógegndræpum fleti og gert var ráð fyrir að írennsli hefði lítil áhrif á útbreiðslu flóða innan hættumatssvæðisins þar sem flóðin verða á vetrartíma, þegar jörðin er frosin og skurðir ísilagðir. Flóð við aðrar aðstæður gætu því haft aðra útbreiðslu.
- Í hermununum var ekki gert ráð fyrir landbroti eða rofi varnargarða, sökum ágangs straumvatns og jakahranna, þó skýr ummerki séu um að farvegur Ölfusár hafi breyst í gegnum árin og ekki síst í flóðum.
- Með GeoClaw er aðeins hægt að notast við eitt gildi á Manningsstuðli í hverri hermun, ekki er hægt að hafa mismunandi gildi fyrir bakka og farveg árinna eða mismunandi svæði.
- Lítið er vitað um áhrif loftslagsbreytinga sem geta haft áhrif á hámarksrennsli flóða, megin flóðahætti og líkur á myndun ísstíflna. Mögulegar breytingar af völdum loftslagsbreytinga valda óvissu á endurkomutíma valinna sviðsmýnda þar sem breytingar á stærð flóða valda breytingum á líkum þess að hæsta augnabliksrennsli tiltekins árs verði jafnt eða herra rennslisgildunum sem voru valin.
- Á stöku stað er óvissa í niðurstöðum hermananna vegna upplausnar landlíkansins. Velja þurfti upplausn sem skilaði raunhæfum en jafnframt nákvæmum niðurstöðum innan ásættanlegs tímaramma.

Lagt er til að svæðið sem var hættumetið sé betur rannsakað, þá einkum eftirfarandi þætti:

- Vísbendingar eru um að rennsli yfir 1500 m³/s sé ofmetið við Selfoss. Því er æskilegt að ná rennslismælingum fyrir vatnshæð hærri en 12,5 m y.s. við vatnshæðarmæli 64 svo betur megi áætla stærri flóð á svæðinu. Í framtíðarverkefnum á svæðinu er einnig mælt með því að nota nýjasta mat á endurkomutíma skv. §3.3.2 og jafnvel byggja rennslismat flóða með 200 ára endurkomutíma á hæstu þekktu rennslisgildum.
- Lögun rennslisrits flóðs og magn írennslis fyrir tiltekið hámarksrennsli stýrir því hversu mikil útbreiðsla utan árfarvega verður í raun.
- Flóð sem hjaðna hratt og orsaka verulegt írennsli munu leiða til minni útbreiðslu austan við Vörðufell, í nágrenni Selfoss og út á Flóa. Æskilegt er að skoða betur lögun rennslisrits flóða innan hættumatssvæðisins með vatnafræðilegu líkani.
- Sögulegar athuganir og niðurstöður hermananna gefa til kynna að hringvegurinn milli Selfoss og vegamóta við Skeiða- og Hrunamannaveg hefur áhrif á útbreiðslu flóða. Þróun vegaframkvæmda hefur í gegnum árin leitt til frekari dreifingar flóðvatns frá Sorta til Selfoss. Taka þarf því tillit til þess við frekari breytingar/úrbætur á vegakerfinu, ekki síst í kringum Selfoss.
- Æskilegt er að fá nákvæmari mynd af þeim svæðum sem verða fyrir áhrifum flóða á Selfossi. Mælt er með að framkvæma líkanreikninga fyrir Selfoss, bæði atburði með áætlaðan endurkomutíma sem og ísstífluflóð af svipaðri gerð og flóðið sem átti sér stað í febrúar 1968. Mælt er með notkun tvívíðs straumfræðilíkans og nýs landlíkans í upplausn 1·1 m eða betri sem og notkun endurreiknaðra endurkomutíma skv. §3.3.2.

7 Þakkir

Óðni Þórarinssyni, Gunnari Sigurðssyni og Oddi Sigurðssyni á Veðurstofu Íslands eru færðar þakkir fyrir ábendingar og aðstoð við leit og úrvinnslu rennslisgagna. Höfundar þakka einnig Karl-Erich Lindenschmidt frá *Global Institute for Water Security* í Canada fyrir ábendingar varðandi hermun ísstífluflóða og Jörundi Gaukssyni fyrir ábendingar er varða ísstífluflóð við Kaldaðarnes.

Verkefnið tilheyrir fyrsta áfanga áætlunar um mat á flóðavá, sem er styrkt af Ofanflóðasjóði. ArcticDEM yfirborðslíkan sem notað er í reikningunum er byggt á gervitunglamyndum frá *DigitalGlobe, Inc.* og fjármagnað af styrkjum nr. 1043681, 1559691, og 1542736 frá *National Science Foundation* í Bandaríkjunum. Húsflákar vegna greiningar viðveru voru fengnir frá *OpenStreetMap contributors* og eru fáanlegir frá <https://www.openstreetmap.org>

8 Heimildir

- Ambtman, K.D. & Hicks, F. (2012). Field estimates of discharge associated with ice jam formation and release events. *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, 37:1, 47–56, doi: 10.4296/cwrj3701868
- Árni Snorrason, Oddur Sigurðsson, Gunnar Sigurðsson, Bogi B. Björnsson & Jórunn Harðardóttir (2007). *Flóð á Skeiðum*. Greinargerð ASn/OSig/GS/BBB/JHa-2007/001. Reykjavík: Orkustofnun.
- Bergur Einarsson & Sveinbjörn Jónsson (2010). *The effect of climate change on runoff from two watersheds in Iceland*. Skýrsla VÍ 2010-016. Reykjavík: Veðurstofa Íslands. Sótt frá: http://www.vedur.is/media/ces/2010_016.pdf
- Chow, V. T. (1959). *Open-channel hydraulics*. McGill Hill.
- Clawpack Development Team (2017). Clawpack Version 5.4.0, <https://www.clawpack.org>, doi.-org/10.5281/zenodo.262111.
- Emmanuel Pagneux, Matthías Ásgeir Jónsson, Tinna Þórarinsdóttir, Bogi Brynjar Björnsson, Davíð Egilson & Matthew James Roberts (2018). *Hættumat vegna jökulhlaupa í Skaftá: Hermun flóðasviðsmynda*. Skýrsla VÍ 2018-008. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Emmanuel Pagneux, Guðrún E. Jóhannsdóttir, Tinna Þórarinsdóttir, Hilmar B. Hröðmarsson & Davíð Egilson (2017). *Flóð á vatnasviðum Eyjafjarðarár, Héraðsvatna, Hvítár í Borgarfirði, Lagarfljóts og Skjálfandafljóts: I. Yfirlit yfir orsakir, stærð og afleiðingar sögulegra atburða*. Skýrsla VÍ 2017-006. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Fanney Ósk Gísladóttir, Sigmundur Helgi Brink & Ólafur Arnalds (2014). *Nytjaland*. Rit Lbhl nr.49. Hvanneyri: Landbúnaðarháskóli Íslands.
- George, D. (2011). Adaptive finite volume methods with well-balanced Riemann solvers for modeling floods in rugged terrain: Application to the Malpasset dam-break flood (France, 1959). *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 66(8), 1000–1018.
- Gylfadóttir, S.S., Kim, J., Helgason J.K., Brynjólfsson, S., Höskuldsson, Á., Jóhannesson, T., Bonnevie Harbitz, C. & Løvholt, F. (2017). The 2014 Lake Askja rockslide-induced tsunami: Optimization of numerical tsunami model using observed data. *J. Geophys. Res. Oceans*, 122, 4110–4122, doi: 10.1002/2016JC012496.
- Halldór Björnsson, Bjarni D. Sigurðsson, Brynhildur Davíðsdóttir, Jón Ólafsson, Ólafur S. Ástþórsson, Snjólaug Ólafsdóttir, Trausti Baldursson & Trausti Jónsson (2018). *Lofslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi – Skýrsla vísindanefndar um lofslagsbreytingar 2018*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Hilmar Björn Hröðmarsson og Tinna Þórarinsdóttir (2018). *Flóð íslenskra vatnsfalla – Flóðagreining rennslisraða*. Skýrsla VÍ 2018-003. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Kristinn Guðmundsson (1993). *Flóð þrettán vatnsfalla. Samvinnu verkefni Vegagerðar Ríkisins og Orkustofnunar*. Skýrsla OS-93044/VOD-03. Reykjavík: Okurstofnun, Vegagerð Ríkisins.
- Landmælingar Íslands (2017). IS 50V [Kortagrunnur]. Akranes: Landmælingar Íslands.
- Lloyd, E. (1996). Accidental hypothermia. *Resuscitation*, 32, 111–124.
- Mandli, K. T., & Dawson, C. N. (2014). Adaptive Mesh Refinement for Storm Surge. *Ocean Modelling*, 75, 36–50.
- Matthías Á. Jónsson, Tinna Þórarinsdóttir, Emmanuel Pagneux, Bogi B. Björnsson, Davíð Egilson, Tómas Jóhannesson & Matthew J. Roberts (2018). *Hættumat vegna jökulhlaupa í Skaftá: Kvörðun straumfræðilíkans*. Skýrsla VÍ 2018-007. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.

- Morgunblaðið (10. desember 1995, bls. 20). *Landsvirkjun og lífríki Þingvallavatns og Sogs*. Sótt frá: http://timarit.is/view_page_init.jsp?pageId=1843641
- Morgunblaðið (4. febrúar 1934, bls. 2). *Þjórsá stíflast af jakahrönn og flæðir yfir Skeiðin*. Sótt frá: <http://timarit.is/files/11943917.pdf>
- Morgunblaðið (28. mars 1968, bls. 3). *Flóðin í vetur hreinn barnaleikur miðað við það, sem gæti orðið*. Sótt frá: <http://timarit.is/files/16269291.pdf>
- Njáll Fannar Reynisson og Ólafur Freyr Gíslason (2014). *Ölfusá, Selfoss, vhm 64, V64*. Greinargerð NFR/ÓFG/2014-01. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- OpenStreetMap Contributors (2018). Planet dump [Kortagrunnur]. Sótt frá <https://planet.osm.org>
- Pagneux, E., Gísladóttir, G., & Snorrason, Á. (2010). Inundation extent as a key parameter for assessing the magnitude and return period of flooding events in southern Iceland. *Hydrological Sciences Journal*, 55(5), 704–716. <https://doi.org/10.1080/02626667.2010.489281>
- Pagneux, E., Gísladóttir, G., & Jónsdóttir, S. (2011). Public perception of flood hazard and flood risk in Iceland: a case study in a watershed prone to ice-jam floods. *Natural Hazards*, 58(1), 269–287. <https://doi.org/10.1007/s11069-010-9665-8>
- Pagneux, E., & Snorrason, Á. (2012). High-accuracy mapping of inundations induced by ice-jams: a case-study from Iceland. *Hydrology Research*, 43(4), 412–421. <https://doi.org/10.2166/nh.2012.114>
- Pagneux, E. & Roberts, M. J. (2015). Örfæi district and Markarfljót outwash plain: Rating of flood hazards. In E. Pagneux, M. T. Guðmundsson, S. Karlsdóttir, & M. J. Roberts (Eds.), *Volcanogenic floods in Iceland: An assessment of hazards and risks at Örfæjökull and on the Markarfljót outwash plain* (pp. 101–122). Reykjavík, Iceland: IMO, IES-UI, NCIP-DCPEM.
- Plakane, R. (2017). *Seasonal variations of Manning's coefficient depending on vegetation conditions in Tärnsjö, Sweden*. Uppsala: Uppsala University, Department of Earth Sciences.
- Polar Geospatial Center (2016). *ArcticDEM Documentation and User Guidance*. Saint Paul, Minnesota: Polar Geospatial Center, University of Minnesota.
- Porter, C., Morin, P., Howat, I., Noh, M.-J., Bates, B., Peterman, K., ... Bojesen, M. (2018). *ArcticDEM*. Harvard Dataverse, V1. Sótt frá: <https://doi.org/10.7910/DVN/OHHUKH>
- Sigríður Sif Gylfadóttir, Tinna Þórarinsdóttir, Emmanuel P. Pagneux & Bogi Brynjar Björnsson (2017). *Hermun jökulhlaupa í Jökulsá á Fjöllum með GeoClaw*. Skýrsla VÍ 2017-004. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Sigurjón Rist (1990). *Vatns er þörf*. Reykjavík: Bókaútgáfa Menningarsjóðs.
- Tómas Jóhannesson, Guðfinna Aðalgeirsdóttir, Helgi Björnsson, Philippe Crochet, Elías B. Elíasson, Sverrir Guðmundsson, ... Thorsteinn Thorsteinsson (2007). *Effect of climate change on hydrology and hydro-resources in Iceland*. Reykjavík: Orkustofnun OS-2007/11. Sótt frá: <http://www.os.is/gogn/Skyrslur/OS-2007/OS-2007-011.pdf>
- Thorsteinn Thorsteinsson og Halldór Björnsson (ritstj.) (2012). *Climate change and Energy Systems. Impacts, Risks and Adaptation in the Nordic and Baltic countries*. Nordic Council of Ministers. Sótt frá: <http://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2011/12/Climate-Change-and-Energy-Systems-CES-project.pdf>
- US Army Corps of Engineers (2016). *HEC-RAS River Analysis System, 2D Modeling User's Manual*. CPD-68A. Davis, CA: US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.

- Veðurstofa Íslands (2008). *Útbreiðsla og hæð flóðmarka í desemberflóði 2006 nærri Iðu*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands. Sótt frá https://luk.vedur.is/brunnur/flodakort/olfus_hvita/lda_flodakort_20080905.pdf
- Veðurstofa Íslands (2009a). *Útbreiðsla og hæð flóðmarka á Skeiðunum í desember flóði 2006*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands. Sótt frá https://luk.vedur.is/brunnur/flodakort/olfus_hvita/skeid_flodakort_20090415.pdf
- Veðurstofa Íslands (2009b). *Útbreiðsla og hæð flóðmarka á Sorta í desember flóði 2006*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands. Sótt frá https://luk.vedur.is/brunnur/flodakort/olfus_hvita/sorti_flodakort_20090218.pdf
- Veðurstofa Íslands (2010). *Ölfusá - desember flód 2006: Flóðakort - Útbreiðsla og vatnshæð*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands. Sótt frá https://luk.vedur.is/brunnur/flodakort/olfus_hvita/olfusa_flodakort_20100122.pdf
- Veðurstofa Íslands (2018a). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2016/2017, V64, Ölfusá, Selfoss*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Veðurstofa Íslands (2018b). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2016/2017, V68, Tungufljót, Faxi*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Veðurstofa Íslands (2018c). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2016/2017, V313, Brúará, Dynjandi*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Veðurstofa Íslands (2018d). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2016/2017, V271, Sog; Ásgarður*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Veðurstofa Íslands (2018e). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2016/2017, V411, Stóra-Laxá, Stórhylur*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.

8.1 Sérkort

- Sérkort 1 Emmanuel Pagneux, Matthías Á. Jónsson, Bogi B. Björnsson, Sif Pétursdóttir, Njáll F. Reynisson, Hilmar B. Hróðmarsson, Bergur Einarsson & Matthew J. Roberts (2019). *Hættumat vegna vatnsflóða í Ölfusá: líkanreiknuð útbreiðsla*. Kort 1:200.000. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Sérkort 2 Emmanuel Pagneux, Matthías Á. Jónsson, Bogi B. Björnsson, Sif Pétursdóttir, Njáll F. Reynisson, Hilmar B. Hróðmarsson, Bergur Einarsson & Matthew J. Roberts (2019). *Hættumat vegna vatnsflóða í Ölfusá: Útbreiðsla 25, 100 og 200 ára flóða við Auðsholtshverfi*. Kort 1:50.000. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Sérkort 3 Emmanuel Pagneux, Matthías Á. Jónsson, Bogi B. Björnsson, Sif Pétursdóttir, Njáll F. Reynisson, Hilmar B. Hróðmarsson, Bergur Einarsson & Matthew J. Roberts (2019). *Hættumat vegna vatnsflóða í Ölfusá: Útbreiðsla 25, 100 og 200 ára flóða á Skeiðum*. Kort 1:50.000. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Sérkort 4 Emmanuel Pagneux, Matthías Á. Jónsson, Bogi B. Björnsson, Sif Pétursdóttir, Njáll F. Reynisson, Hilmar B. Hróðmarsson, Bergur Einarsson & Matthew J. Roberts (2019). *Hættumat vegna vatnsflóða í Ölfusá: Útbreiðsla 25, 100 og 200 ára flóða milli Hestfjalls og Selfoss*. Kort 1:50.000. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Sérkort 5 Emmanuel Pagneux, Matthías Á. Jónsson, Bogi B. Björnsson, Sif Pétursdóttir, Njáll F. Reynisson, Hilmar B. Hróðmarsson, Bergur Einarsson & Matthew J. Roberts (2019). *Hættumat vegna vatnsflóða í Ölfusá: Útbreiðsla 25, 100 og 200 ára flóða við Ölfusárós*. Kort 1:50.000. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.

- Sérkort 6 Emmanuel Pagneux, Matthías Á. Jónsson, Bogi B. Björnsson, Sif Pétursdóttir, Njáll F. Reynisson, Hilmar B. Hróðmarsson, Bergur Einarsson & Matthew J. Roberts (2019). *Hættumat vegna vatnsflóða í Ölfusá: Útbreiðsla 25, 100 og 200 ára flóða við Stokkseyri*. Kort 1:50.000. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Sérkort 7 Emmanuel Pagneux, Matthías Á. Jónsson, Bogi B. Björnsson, Sif Pétursdóttir, Njáll F. Reynisson, Hilmar B. Hróðmarsson, Bergur Einarsson & Matthew J. Roberts (2019). *Hættumat vegna vatnsflóða í Ölfusá: Tjónmætti flóðvatns*. Kort 1:200.000. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.

Viðauki I

Útbreiðslu- og vatnshæðargögn nýtt til kvörðunar straumfræðilíkans

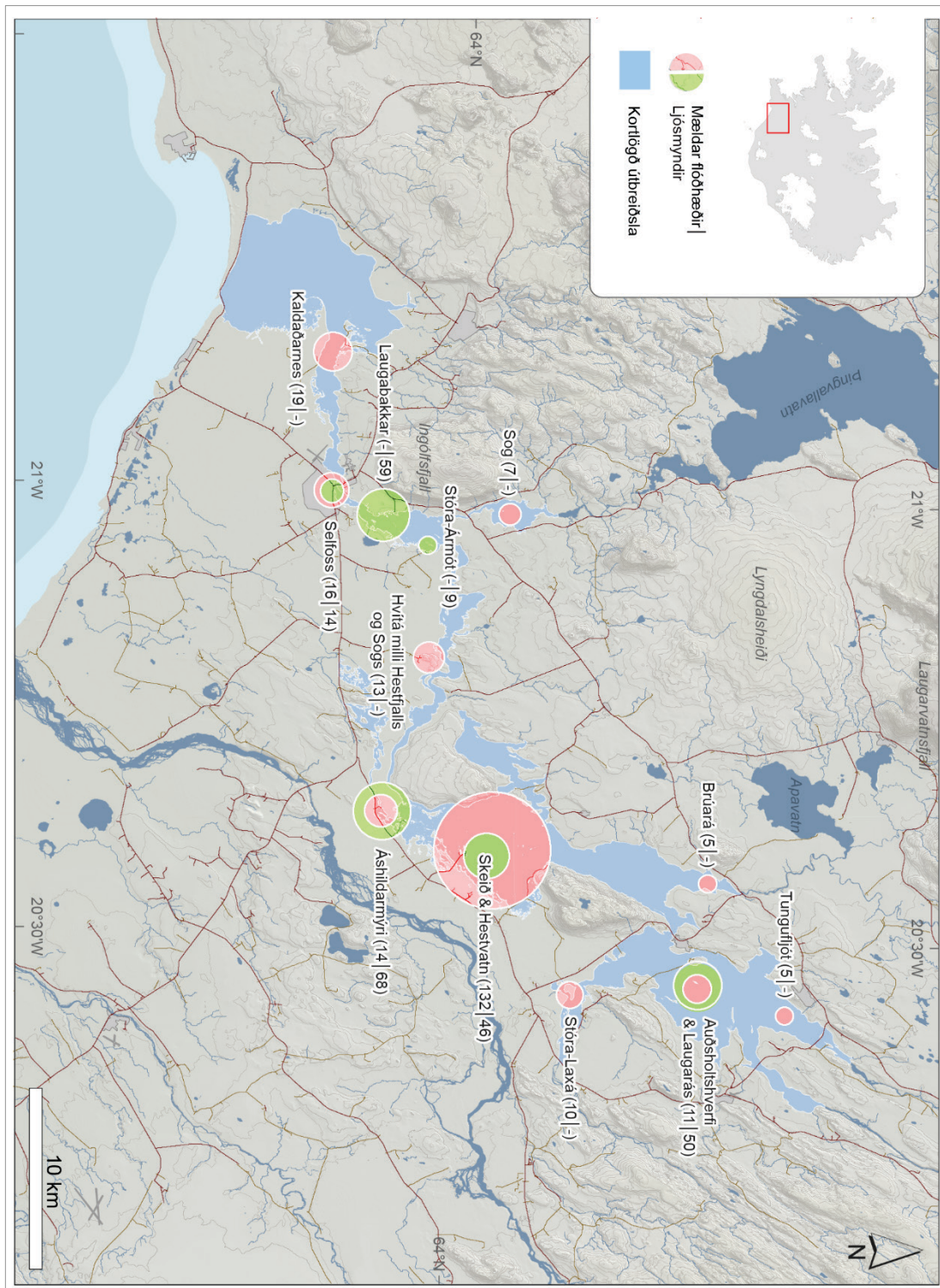
Samantekt á niðurstöðum GPS vettvangsmælinga flóðsins í desember 2006.

Svæði	Flóðhæðir *	Flóðför **
Tungufljót	5	4,6
Hvítá til ármóts við Tungufljót	1	4,3
Litla-Laxá	-	2,6
Stóra-Laxá	10	11,5
Auðsholtshverfi og Laugarás	11	11
Brúará	5	7,2
Skeið og Hestvatn	132	35
Áshildarmýri	14	4,6
Hvítá milli Hestfjalls og Sogs	13	2,9
Sog	7	6
Selfoss og nágrenni	16	1,1
Kaldaðarnes og nágrenni	19	4,4
Samtal	233	95,7

* Fjöldi hnitsettra punkta; ** Heildarlengd, í kílómetrum.

Yfirlit yfir myndir sem nýttar voru til kortlagningar flóðsins í desember 2006.

Svæði	Heimildir	Fjöldi
Auðsholtshverfi og Laugarás	Agnar Jóhannsson og Margrét Gunnarsdóttir, Hólmfríður Tómasdóttir, Ívar Örn Helgason, Ragnar Axelsson	50
Skeið og Hestvatn	Jón Eiríksson, Ragnar Axelsson	46
Áshildarmýri	Haukur Friðriksson	68
Stóra-Ármót	Hilda Pálmadóttir og Höskuldur Gunnarsson	9
Laugarbakkar	Kristinn Valdimarsson	59
Selfoss	Gunnar Sigurgeirsson, Ragnar Axelsson	14
Annað	Emmanuel Pagneux	3
Samtal		249



Yfirlit yfir gögn um útbreiðslu flóðsins í desember 2006 (Árni Snorrason o.fl., 2007; Veðurstofa Íslands, 2008; 2009a; 2009b; 2010). Fjöldi mældra flóðhæða og ljósmynda er sýndur í svigum. Kortagrunnur: Landmælingar Íslands.

Yfirlit yfir myndir sem nýttar voru til kortlagningar á ísstífluflóðum í janúar 1983 og 2001.

Atburður	Fjöldi	Svæði	Heimildir
Janúar 1983	18	Flugunes, Kotferja	Lýður Pálsson
Janúar 2001	16	Sorti	Ragnar Axelsson, Jón Eiríksson í Vorsabæ

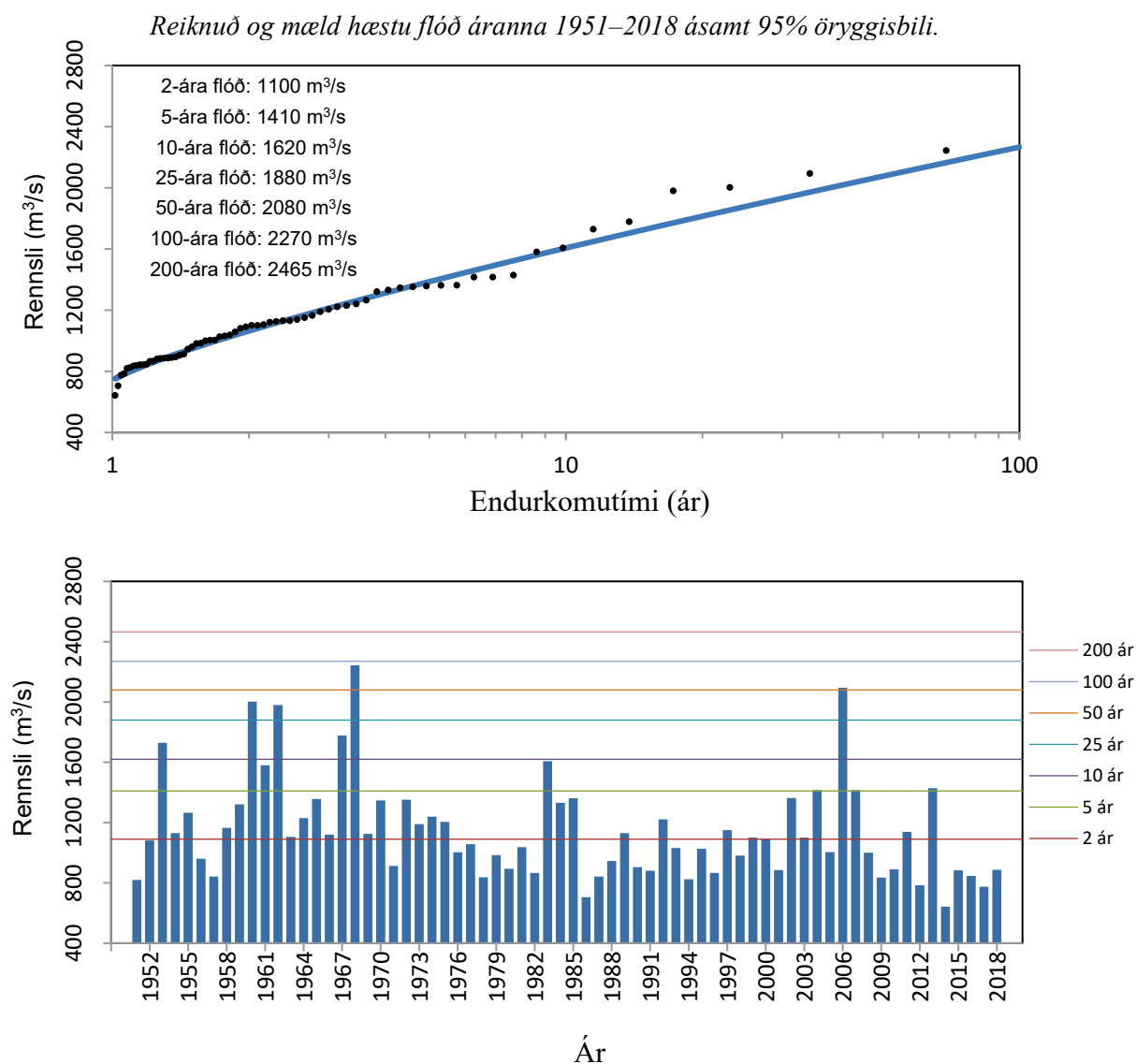
Yfirlit yfir myndskleið sem nýtt voru til kortlagningar á ísstífluflóðum í janúar 1983 og febrúar 1984.

Atburður	Fjöldi	Svæði	Heimildir
Janúar 1983	1	Kaldaðarnes	RÚV (M5933)
Febrúar 1984	1	Sorti	RÚV (M6305)

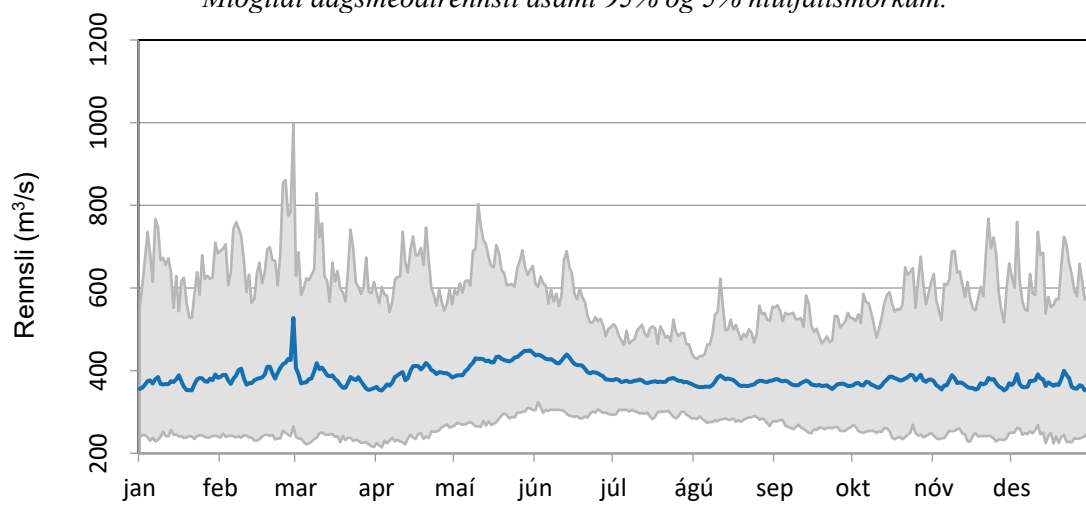
Viðauki II

Vatnshæðarmælir 64

Vatnshæðarmælingar í Ölfusá hófust 1. September 1950. Þá var lesið daglega af kvarða. Nákvæmni kvarðans var ágæt og ístruflanir við hann engar. Síriti tók við skráningunni 27. Júní 1951, en þetta var fyrsti síritinn á Íslandi. Mælistöðin var endurbyggð veturinn 1964. Að morgni 29. Febrúar 1968 sópaðist burt mælibúr, tæki og efsti hluti brunnsins, í ofsaflóði. Stöðin var svo lagfærð 4.–6. mars 1968. Hæsti álestur á mælinn var áætlaður 574 cm í ofsaflóðinu 1968 eftir flóðförum. Þess ber að geta að við mat á flóðförum hættir mönnum frekar til að ofmeta flóðið en hitt.



Miðgildi dagsmeðalrennsli ásamt 95% og 5% hlutfallsmörkum.



Hættumat vegna vatnsflóða í Ölfusá

Hermun flóða með áætlaðan endurkomutíma og ísstífluflóða

Veðurstofa Íslands
Bústaðavegi 7–9
108 Reykjavík
www.vedur.is
Sími: 522 6000

Forsíðumynd: Horft frá þjóðveginum yfir útbreiðslu ísstífluflóðs
þann 14. janúar 2001 við Hraungerði © Jón Eiríksson