



Ofanflóðahættumat fyrir Seyðisfjörð Endurskoðun á hættumati fyrir byggðina sunnan Fjarðarár og hættumat fyrir svæði við Vestdalseyri

Greinargerð með hættumatskorti

Sigríður Sif Gylfadóttir, Jón Kristinn Helgason, Tómas Jóhannesson
og Árni Hjartarson

Ofanflóðahættumat fyrir Seyðisfjörð Endurskoðun á hættumati fyrir byggðina sunnan Fjarðarár og hættumat fyrir svæði við Vestdalseyri Greinargerð með hættumatskorti

Sigríður Sif Gylfadóttir, Veðurstofu Íslands
Jón Kristinn Helgason, Veðurstofu Íslands
Tómas Jóhannesson, Veðurstofu Íslands
Árni Hjartarson, Íslenskum orkurannsóknum

Skýrsla nr. VÍ 2019-00x	Dags. Ágúst 2019	ISSN 1670-8261	Opin ☒ Lokuð ☐ Skilmálar:
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Ofanflóðahættumat fyrir Seyðisfjörð Endurskoðun á hættumati fyrir byggðina sunnan Fjarðarár og hættumat fyrir svæði við Vestdalseyri Greinargerð með hættumatskorti			Upplag: Kynningareintak Fjöldi síðna: 104 + kort
			Framkvæmdastjóri sviðs: Jórunn Harðardóttir
Höfundar: Sigríður Sif Gylfadóttir, Jón Kristinn Helgason, Tómas Jóhannesson og Árni Hjartarson			Verkefnisstjóri: Sigríður Sif Gylfadóttir
			Verknúmer: 4754-6-0001
Gerð skýrslu/verkstígs: DRÖG með tillögu að hættumatskorti			Málsnúmer: 2019-0185
Unnið fyrir: Bæjarstjórn Seyðisfjarðarbæjar			
Samvinnuaðilar: Íslenskar orkurannsóknir			
Útdráttur: Hættumat vegna skriðufalla og snjóflóða sunnan Fjarðarár á Seyðisfirði hefur verið endurskoðað í kjölfar þess að jarðfræðirannsóknir leiddu í ljós að stórar, forsögulegar skriður hafa fallið yfir svæðið þar sem suðurhluti Seyðisfjarðarkaupstaðar stendur nú. Einnig óskaði Seyðisfjarðarkaupstaður eftir nánari greiningu á ofanflóðahættu undir Strandartindi til þess að kanna hvort þar sé unnt að greina milli svæða með mismikilli hættu. Nýja hættumatið undir Strandartindi er lítið breytt frá fyrra hættumati frá 2002 að því leyti að allt atvinnusvæðið undir Þófa er áfram á C-svæði samkvæmt nýja matinu, en ýtarlegri grein er gerð fyrir svæðum nærri helstu skriðufarvegum undir Þófa þar sem hætta er mest samanborið við svæðin milli farveganna þar sem hætta er minni. Hættusvæði undir Neðri-Botnum stækka talsvert frá fyrra mati vegna þess að hætta af völdum stórra skriðna úr þykkum, lausum jarðlögum er talin meiri en áður var miðað við. Á hættusvæði C sunnan Fjarðarár eru samtals 29 íbúðarhús samkvæmt nýja matinu, 42 íbúðarhús á hættusvæði B og 71 íbúðarhús á svæði A. Á hættusvæði C eru jafnframt 17 aðrar byggingar, 8 á svæði B og 4 á svæði A, að meðtöldum byggingum út með firðinum að sunnanverðu undir Strandartindi. Nýja matið kallar á varnaraðgerðir fyrir íbúðabyggðina í suðurbænum á Seyðisfirði vegna hættu á stórum skriðum úr Neðri-Botnum. Einnig er brýnt að bæta öryggi á atvinnusvæðinu undir Strandartindi með varnarvirkjum eða breytingu á landnýtingu til þess að draga þar úr slyshættu. Á hættusvæðum sem afmörkuð eru við Vestdalseyri eru engar byggingar nú en matið þar er hugsað til viðmiðunar fyrir skipulagsgerð.			
Lykilorð: Seyðisfjörður, hættumat, áhætta, snjóflóð, varnargarðar		Undirskrift framkvæmdastjóra sviðs:	
		Undirskrift verkefnisstjóra:	
		Yfirlit af: SG	

Efnisyfirlit

1 Inngangur	7
1.1 Vinna á Veðurstofu Íslands	7
1.2 Efnisatriði og kaflaskipting	7
1.3 Forsaga	8
1.4 Aðferðafræði og reglugerðarrámmi	9
1.5 Óvissa	11
2 Staðhættir	12
2.1 Landfræðilegar aðstæður	12
2.2 Byggðasaga	14
2.3 Veðurfar	15
3 Ofanflóðasaga	17
3.1 Snjóflóð	17
3.2 Skriðuföll	18
4 Jarðfræðileg ummerki ofanflóða og könnun jarðlaga	22
4.1 Jarðfræðileg ummerki skriðufalla innan Búðarár	22
4.2 Jarðfræðileg ummerki skriðufalla utan við Búðará	25
5 Snjódýpt á upptakasvæðum	29
6 Tvívíðir líkanreikningar á snjóflóðum	33
7 Hættumat	35
7.1 Snjóflóð	35
7.1.1 Strandartindur og Þófi	36
7.1.2 Svæðið milli Hæðarlækjar og Búðarár	43
7.1.3 Botnabrún innan Búðarár	48
7.1.4 Svæðið innan Dagmálalækjar	55
7.1.5 Óvissa	56
7.2 Krapaflóð og aurbönduð vatnsflóð	57
7.3 Skriðuföll	58
7.3.1 Dánartíðni í skriðuföllum	60
7.3.2 Strandartindur og Þófi	62
7.3.3 Svæðið á milli Hörmungarlækjar og Búðarár	69
7.3.4 Svæðið vestan Búðarár: Neðri-Botnar og Botnabrún	71
7.3.5 Óvissa	76
8 Niðurstaða	77
9 Vestdalseyri	78
9.1 Byggðarsaga	78
9.2 Staðhættir	78
9.3 Ofanflóðasaga	79

9.4	Veðurfar.....	80
9.5	Snjóflóðaaðstæður.....	81
9.6	Skriðuaðstæður.....	83
9.7	Líkanreikningar.....	83
9.8	Hættumat	84
9.9	Niðurstaða.....	84
10	Heimildir	87
	Viðaukar	
I	Tæknileg hugtök og skilgreiningar	93
II	Langsnið brauta	94
III	Kort.....	103

1 Inngangur

Þessi skýrsla lýsir endurskoðun á hættumati vegna ofanflóða fyrir byggðina sunnan Fjarðarár á Seyðisfirði og fyrir svæði við Vestdalseyri norðan fjarðarins. Svæðið sem hættumatið nær til er afmarkað á korti 1. Hættumatið var unnið fyrir Seyðisfjarðarbæ af Veðurstofu Íslands samkvæmt reglugerð nr. 505/2000 um hættumat vegna ofanflóða og flokkun og nýtingu hættusvæða með síðari breytingum. Ofanflóðahætta hefur áður verið metin fyrir þéttbýlið á Seyðisfirði (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002; Tómas Jóhannesson & Eiríkur Gíslason, 2011).

Almennum atriðum varðandi veðurfar, snjóflóðasögu, byggðasögu o.fl. er lýst í skýrslum sem skrifaðar voru í tengslum við fyrra hættumat frá 2002 og 2011 og ýmsum öðrum síðari verkefnum eins og nánar er lýst hér að aftan.

Tilfni matsins er annars vegar að jarðfræðirannsóknir á árabílinu 2003–2017 sýna að stórar, forsögulegar skriður hafa fallið yfir svæðið þar sem suðurhluti Seyðisfjarðarbæjar stendur nú, og hins vegar að Seyðisfjarðarbær hefur óskað eftir nánari greiningu á ofanflóðahættu undir Strandartindi til þess að kanna hvort þar sé unnt að greina milli svæða með mismikilli hættu. Jafnframt þarf að endurskoða snjóflóðahættumat undir Bjólfi eftir að varnargarðar voru reistir á stallinum Brún ofan Kálfabotns á árunum 2003–2005 og meta hættu á svæði við Vestdalseyri vegna skipulagsáforma. Ummerkin um forsögulegu skriðurnar sýna að endurskoða þarf ofanflóðhættumatið frá 2002 undir Neðri-Botnum í suðurhluta bæjarins. Undir Strandartindi er umfangsmikil atvinnustarfsemi á C-svæði skv. hættumatinu frá 2002 og þar hafa á síðari árum komið fram óskir um breytta nýtingu atvinnuhúsnæðis á hættusvæðum sem miklu skipta fyrir bæjarfélagið í ljósi þess hversu þröngt er um byggðina vegna ofanflóðahættu. Óskir um endurskoðun hættumatsins fyrir þetta svæði lúta að því hvort hætta á einhverjum hluta strandsvæðisins undir Þófa sé svo lítil að þar geti verið verjandi að halda áfram atvinnustarfsemi, t.d. rekstri gistiheimila sem e.t.v. væru aðeins rekin á sumrin.

1.1 Vinna á Veðurstofu Íslands

Þeir sem komu að hættumatinu fyrir svæðið sem hér er til umfjöllunar voru Sigríður Sif Gylfadóttir, Jón Kristinn Helgason, Árni Hjartarson, jarðfræðingur á ÍSOR, og Tómas Jóhannesson. Jón Kristinn Helgason og Ragnar Þrastarson sáu um kortagerð.

1.2 Efnisatriði og kaflaskipting

Í fyrsta hluta skýrslunnar er samantekt um staðhætti og ofanflóð þar sem fjallað er um landfræðilegar aðstæður, byggðasögu og veðurfar m.t.t. ofanflóða í kafla 2 og sögu ofanflóða í kafla 3. Síðan eru niðurstöður rannsókna á jarðlögum dregnar saman í kafla 4, mælingum á snjóþýpt á upptakasvæðum snjóflóða er lýst í kafla 5, og niðurstöðum tvívíðra líkanreikninga á snjóflóðum í kafla 6. Í kafla 7 er nánari lýsing á einstökum farvegum eða svæðum. Þar er varðandi snjóflóðahættu greint frá eftirfarandi efnisatriðum:

Landfræðilegar upplýsingar: Lýsing á upptakasvæði, farvegi og úthlaupsvæði.

Líkanreikningar: Niðurstöður líkareikninga sem hættumat byggist á.

Hættumat: Tæknilegt hættumat og umræður um snjóflóða- og skriðufallaaðstæður.



Mynd 1. Ljósmynd af Botnahlíð og Neðri-Botnum frá því um 1900, áður en þétt byggð þróaðist sunnan Fjarðarár neðan Botnahlíðar. Ljósmynd: Ljósmyndasafn Seyðisfjarðar.

Niðurstöður: Hættumat og tillögur um legu hættulína.

Skriðuhætta er tekin fyrir í sérstökum undirkafla sem skipt er upp eftir svæðum þar sem dregnar eru saman niðurstöður rannsókna sem fram hafa farið á síðari árum og lögð fram tillaga að formlegu hættumati á grundvelli þeirra.

Að lokum eru helstu niðurstöður hættumatsins dregnar saman í kafla 8.

Hættumati fyrir svæði við Vestdalseyri er lýst í kafla 9.

Skýrslunni fylgja þrír viðaukar. Viðauki I inniheldur lýsingu á tæknilegum hugtökum, táknum og skammstöfunum. Þar er m.a. um að ræða rennslisstig (*rst*) og úthlaupshorn (α -horn) snjóflóða. Enn fremur eru þar skilgreiningar á α - og β -punktum og lýsing á α/β -líkaninu. Í viðauka II eru teikningar af langsniðum niður hlíðina og kort, þ.m.t. hættumatskort, eru svo birt í viðauka III.

1.3 Forsaga

Hættumat fyrir Seyðisfjörð var gefið út árið 2002 og staðfest af ráðherra sama ár (5. júlí 2002) (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002). Síðan hafa verið reistir varnargarðar á Brún í Bjólfi (VA & NGI, 2003). Hættumat fyrir norðanverðan kaupstaðinn á svæðinu fyrir neðan garðana hefur verið endurskoðað (Tómas Jóhannesson & Eiríkur Gíslason, 2011) en hefur ekki verið kynnt íbúum né staðfest af ráðherra enn sem komið er. Endurskoðað hættumat undir Bjólfi og hættumat fyrir svæði á Háubökkum undir Lönguhlíð norðan fjarðar (Sigríður Sif Gylfadóttir o.fl., 2016) verður kynnt íbúum og lagt fram til staðfestingar ráðherra, samhliða nýju hættumati fyrir suðurhluta bæjarins og hættumati fyrir svæði við Vestdalseyri (sjá kafla 9), sem hér er lagt fram. Varna-

garðarnir á Brún í Bjólfi eru einungis fyrsta skref í gerð varna fyrir byggðina undir Bjólfi og eru enn nokkrar byggingar á hættusvæði C og margar á hættusvæði B eftir tilkomu varnargarðanna á Brún. Lögð hefur verið fram tillaga að frekari vörnum fyrir þennan hluta bæjarins sem felast í tveimur leiðigörðum og þvergarði á milli þeirra (Efla, Verkís & Landslag, 2018).

Tilfni endurskoðunar ofanflóðahættumats fyrir sunnanverðan Seyðisfjörð er rannsóknir á jarðfræði lausra jarðlaga í og undir Neðri-Botnum og Þófa sem fram fóru eftir að vart varð við nýlegar sprungur í Þófa sumarið 2000 og haustið 2001 (Esther Hlíðar Jensen, 2001; Esther Hlíðar Jensen & Tómas Jóhannesson, 2002). Sprungur mynduðust svo í stallinum Neðri-Botnum ofan meginbyggðarinnar í syðri hluta Seyðisfjarðarkaupstaðar í miklum rigningum í október og nóvember haustið 2002 (Höskuldur Búi Jónsson, 2003) og þá jókst einnig hreyfing á sprungunum í Þófa. Umfangsmiklar rannsóknir á lausum jarðlögum voru unnar í kjölfar fyrstu athugana á þessum sprungum eins og nánar er lýst í kafla 4 og yfirlit er gefið um í minnisblaði Sigurjóns Haukssonar (2014). Mögulegar varnaraðgerðir vegna hættu á skriðuföllum úr Neðri-Botnum og Þófa voru kannaðar sumarið 2015, dregnar saman fyrirbyggjandi upplýsingar um hættu á skriðuföllum í suðurhluta bæjarins og aðstæður þar bornar saman við erlendar hliðstæður (Illmer o.fl., 2016).

Viðbótarathugun á lausum jarðlögum undir Neðri-Botnum fór fram sumarið 2015 og 2016 og voru grafnar rannsóknargryfjur í suðurhluta bæjarins og þelaurð ofarlega í Strandartindi könnuð í vettvangsferðum 7.–9. september 2015 og 26. og 27. september 2016 (Árni Hjartarson, 2015; Árni Hjartarson & Jón Kristinn Helgason, 2017). Greining á ummerkjum um snjóflóð úr Bjólfi ofan byggðarinnar í Bakkahverfi fór svo fram í sex rannsóknargryfjum undir Fálkagili og skammt norðan Bakkahverfis 14. og 15. september 2017 (Jón Kristinn Helgason & Árni Hjartarson, 2018) til þess að styrkja grundvöll endurskoðaða hættumatsins undir Bjólfi frá 2011 (Tómas Jóhannesson & Eiríkur Gíslason, 2011).

1.4 Aðferðafræði og reglugerðarrammi

Ofanflóðahættumat er unnið skv. reglugerð nr. 505 sem umhverfisráðuneytið gaf út í júlí árið 2000, með breytingum í reglugerðum nr. 495 frá maí 2007, nr. 309 frá mars 2010, nr. 1017 frá desember 2010, nr. 343 frá mars 2014 og nr. 176 frá janúar 2017, og byggir á lögum nr. 49 frá 1997 um snjóflóð og skriðuföll. Hér að neðan er helstu atriðum reglugerðarinnar lýst.

Hættumat á Íslandi miðast við *einstaklingsbundna áhættu*. Hún er skilgreind sem árlegar líkur á því að einstaklingur, sem býr á tilteknum stað, farist í ofanflóði. Flokkun hættusvæða byggir á *staðaráhættu* en hún er skilgreind sem árlegar líkur á að einstaklingur, sem dvelur allan sólarhringinn í húsi sem ekki er sérstaklega styrkt, farist í ofanflóði. Með því að taka tillit til líkinda á því að einstaklingur sé í húsi þegar ofanflóð fellur og til þess hve sterkt húsið er fæst mat á *raunáhættu*. Ekki er tekið tillit til rýminga eða annarra tímabundinna varúðarráðstafana við gerð hættumats. Yfirvöld hafa ákveðið að áhættan $0.2 \cdot 10^{-4}$ á ári eða minni sé viðunandi (ásættanleg). Með því er átt við að áhættan sé svo lítil að ekki sé ástæða til að grípa til neinna aðgerða til þess að auka öryggi. Staðaráhætta sem svarar til þessa gildis getur verið mismunandi vegna breytilegrar gerðar og styrks bygginga og mismunandi dvalartíma fólks í þeim. Að öðru jöfnu er reiknað með að fólk dvelji allt að 75% tímans á heimilum og allt að 40% í atvinnuhúsnæði. Samkvæmt reglugerð um hættumat (umhverfisráðuneytið, 2000, 2007) skal afmarka þrenns konar hættusvæði sem lýst er í töflu 1.

Tafla 1. Skilgreining hættusvæða.

Svæði	Neðri mörk staðaráhættu	Efri mörk staðaráhættu	Leyfilegar byggingar
C	$3 \cdot 10^{-4}$ á ári	–	Engar nýbyggingar nema frístundahús ¹ og húsnaði þar sem viðvera er lítil.
B	$1 \cdot 10^{-4}$ á ári	$3 \cdot 10^{-4}$ á ári	Atvinnuhúsnaði má byggja án sérstakra styrkinga. Byggja má íbúðarhús og byggja við hús þar sem búist er við miklum mannsöfnuði (svo sem fjölbýlishús, sjúkrahús, skóla) með sérstökum styrkingum.
A	$0.3 \cdot 10^{-4}$ á ári	$1 \cdot 10^{-4}$ á ári	Heimilt er að reisa nýtt íbúðar- og atvinnuhúsnaði án sérstakra styrkinga nema hvað styrkja þarf hús þar sem búist er við miklum mannsöfnuði (svo sem fjölbýlishús, skóla, sjúkrahús) og íbúðarhús með fleiri en fjórum íbúðum.

¹Ef staðaráhætta er minni en $5 \cdot 10^{-4}$ á ári.

Viðmiðunarreglurnar um nýtingu svæða í töflu 1 miða að því að viðunandi áhætta sem nemur $0.2 \cdot 10^{-4}$ á ári náist þegar tekið er tillit til líklegrar viðveru og styrkinga húsa. Að öllum líkindum er áhætta í atvinnuhúsnaði eitthvað meiri.

Ekki er heimilt að skipuleggja íbúðabyggð, frístundabyggð eða svæði fyrir atvinnustarfsemi á áður óbyggðum svæðum nema tryggt sé að áhætta fólks sé viðunandi skv. skilgreiningu hættumatsreglugerðarinnar. Á þegar byggðum svæðum er heimilt að reisa ný hús og byggja við þau sem fyrir eru með skilyrðum sem fram koma í töflu 1. Varnir gegn ofanflóðum eru eingöngu reistar til þess að auka öryggi fólks á svæðum sem eru í byggð. Ef öryggiskröfum er ekki fullnægt án sérstakra varnarvirkja gegn ofanflóðum er óheimilt að skipuleggja ný áður óbyggð svæði fyrir íbúðabyggð, frístundabyggð eða atvinnustarfsemi.

Þær aðferðir, sem notaðar eru til þess að meta snjóflóðaáhættu, voru þróaðar við Háskóla Íslands og á Veðurstofu Íslands á árunum 1995–1998. Þeim er lýst í riti eftir Kristján Jónasson o.fl. (1999). Aðferðirnar voru lagaðar að hættumati undir lágum brekkum af Tómasi Jóhannessyni (2009).

Hættumatið vegna ofanflóða tekur til snjóflóða, krapaflóða, aurskriðna, grjóthruns, berghlaupa og annars framskriðs úr hliðum, svo og aurblandaðra krapa- og vatnsflóða í bröttum farvegum (sbr. Tómas Jóhannesson & Kristján Ágústsson, 2002). Ekki er hins vegar tekið tillit til vatnsflóða í ám, sjávarflóða eða jökulhlaupa og annarra flóða og skriðna sem tengjast eldgosum. Aðferðir við hættumat vegna skriðufalla hafa ekki verið þróaðar með sambærilegum hætti og fyrir snjóflóð. Hættumat vegna skriðufalla byggist því að miklu leyti á mati á aðstæðum án þess

að unnt sé að vísa til eiginlegra reikninga á áhættu. Þó er stuðst við hina almennu aðferðafræði við snjóflóðahættumat sem lýst er í reglugerðum umhverfisráðuneytisins sem fyrr voru nefndar.

Að lokum er vísað til greinar 10 í reglugerð nr. 505/2000 og nr. 495/2007 um hættumat vegna ofanflóða og flokkun og nýtingu hættusvæða. Sú grein fjallar m.a. um hættumat á svæðum þar sem gögn vantar til þess að unnt sé að meta áhættu með formlegum útreikningum: „Þar sem ekki er unnt að framkvæma áhættureikninga vegna ónógra upplýsinga skal engu að síður gera hættumatskort, sbr. 12. gr., og skal við gerð þess reynt að leggja mat á áhættu.“

1.5 Óvissa

Mjög víða er mat á ofanflóðahættu erfitt. Það gildir einkum um svæði þar sem landfræðileg skilyrði fyrir ofanflóð eru til staðar en ofanflóð hafa ekki verið skráð. Byggðasaga margra þéttbýlisstaða er stutt og oftast einnig það tímabil sem skráning ofanflóða nær til. Þar sem svona stendur á er ógjörningur að útiloka ofanflóð. Því verður að meta þessa hættu þannig að bæði sé tekið tillit til þess að engin ofanflóð hafa verið skráð á ákveðnu tímabili og einnig möguleikans á því að flóð falli.

Þá þarf að meta hættu á snjóflóðum úr hlíðum og brekkum þar sem ekki eru dæmigerðir snjóflóðafarvegir. Flest stór snjóflóð sem skráð hafa verið hafa fallið úr 500–800 m hæð og upptakasvæði þeirra eru oftast víðáttumikil. Snjóflóð úr lægri hlíðum og snjóflóð þar sem upptakasvæði eru óvenjuleg hafa ekki verið mikið rannsökuð.

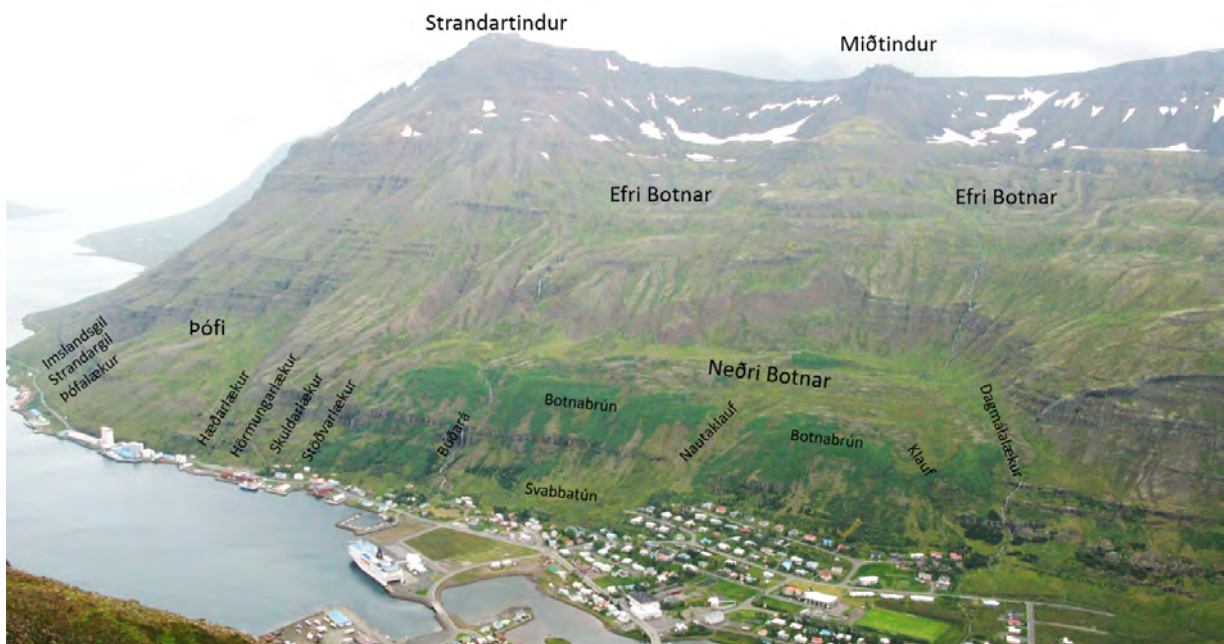
Þar sem hættusvæði eru afmörkuð er áætluð óvissa á matið. Óvissumatinu er skipt í þrjú stig sem gefa til kynna ónákvæmni í legu hættumatslína. Óvissa upp á $\frac{1}{2}$ táknar að lega hættumatslína sé ónákvæm sem nemur hálfu bilinu á milli þeirra í báðar áttir. Áhætta þrefaldast á milli hættumatslína og því er hlutfallsleg óvissa á áhættunni $\sqrt{3}$ þar sem óvissa á legu línu er $\frac{1}{2}$. Á sama hátt gildir að þar sem óvissa á línunum er metin 1 eða 2 þá gætu þær legið á bili sem nemur 1 eða 2 línubilum frá dregnum línunum. Hliðstæð hlutfallsleg óvissa á áhættu er þá 3 þar sem óvissa er 1 og 3^2 þar sem óvissa er 2. Óvissumatið er að nokkru huglægt og hefur ekki beina tölfræðilega merkingu. Hins vegar byggir það á reynslu þeirra sem vinna matið og í því felst þekking og mat á aðstæðum á viðkomandi stað en ekki síður samanburður við hættumat á öðrum stöðum.

Óvissuflokkar fyrir hættumat vegna snjóflóða eru skilgreindir á eftirfarandi hátt:

- $\frac{1}{2}$ Mörg snjóflóð hafa fallið og farvegurinn er stór og að öllu leyti dæmigerður.
- 1 Einhverjar upplýsingar eru til um snjóflóð en upptakasvæði er lítið eða farvegur óvenjulegur.
- 2 Engar upplýsingar eru til um snjóflóð en landfræðilegar aðstæður benda til þess að snjóflóð geti fallið.

Á svæðum þar sem varnarvirki hafa verið byggð er óvissan skilgreind á bilinu 1 til 2.

Mat á óvissu vegna annarra ofanflóða en snjóflóða er að sama skapi erfitt. Fyrir utan óvissa tíðni og umfang skriðna og grjóthruns eru áhrif þeirra og eyðileggingarmáttur illa þekkt. Auk þess er eyðileggingarmátturinn mjög mismunandi eftir eðli þeirra skriðufalla sem geta átt sér stað.



Mynd 2. Byggðin sunnan Fjarðarár á Seyðisfirði og hliðin sunnan og austan hennar með helstu örnefnum sem koma við sögu í þessari skýrslu.

2 Staðhættir

2.1 Landfræðilegar aðstæður

Seyðisfjarðarkaupstaður er staðsettur í botni Seyðisfjarðar, sjá kort 1 og mynd 2. Lega fjarðarins er í stórum dráttum ENE–VSV en innsti hluti hans hefur NNA–SSV-læga stefnu. Samkvæmt venju heimamanna eru gagnstæðar hliðar fjarðarins oft nefndar norður- og suðurhlíðar óháð stefnu áttavita. Þessi skýrsla tekur mið af venju heimamanna.

Fjallshlíðarnar ofan við suðurhluta Seyðisfjarðarkaupstaðar einkennast af fjölbreyttu landslagi, þar getur að líta þrjá fjallstinda, sillur, sethjalla, stórar hvíltir, gil og kletta. Eftirfarandi lýsing á land- og jarðfræðilegum aðstæðum er byggð á verkum Þorsteins Sæmundssonar & Halldórs G. Péturssonar (1999), Ágústs Guðmundssonar o.fl. (2003), Árna Hjartarsonar (2015), Daniels Ilmer o.fl. (2016) og Árna Hjartarsonar og Jóns Kristins Helgasonar (2017).

Ysti tindurinn ofan Seyðisfjarðarkaupstaðar nefnist Strandartindur (1010 m y.s.) en hann kallast einnig Fjarðartindur. Innan við Strandartind rís Miðtindur (oft nefndur Dagmálatindur, 896 m y.s.) og þriðji og innsti tindurinn kallast Innri-Strandartindur (1015 m y.s.). Norður- og vesturhlíðar Strandartinds eru brattar, skornar misstórum giljum og í þeim flestum renna litlir lækir. Utan í Strandartindi er skriðurunnin hlíð skorin litlum giljum, sem svipar mjög til hlíðanna í hvíltum Efri-Botna. Sá hluti hlíðarinnar sem vísar í norðvestur sker sig úr umhverfinu þar sem stórgrýtt basalturð situr á allmiklum stalli í 700–800 m y.s. Þykkt urðarinnar er óljós en eitt af einkennum hennar eru óreglulegir stórgrýtishryggir, hjallar og lægðir.

Neðsti hluti Strandartinds, ofan við iðnaðarsvæðið á ströndinni, er 400 m breiður og 1000 m langur hjalli sem nefnist Pófi. Fremstu brúnir hans standa í 80–100 m y.s. Yfirborð hans er hulið

lausri jökulurð og skriðuseti, sem á uppruna sinn í hlíðum Strandartinds. Í Þófanum eru fimm áberandi farvegir. Í miðju hans rennur lækur er nefnist Þófalækur og skiptir Þófanum í innri og ytri hluta. Ytri jaðar Þófans afmarkast af Imslandsgili og á milli þess og Þófalækjar liggur Strandargil. Frambrún ytri hlutans einkennist af bröttum klettum og lausri jökulurð. Klettabeltið hverfur undir jökulurðina á innri hluta hjallans og er hann tiltölulega flatur. Yfirborðslög eru oft vatnsmettuð nálægt brún Þófans í kjölfar rigninga og leysinga og þar vex rakasækin gróður. Þetta á sérstaklega við um innri hlutann þar sem afrennsli ofan af hjallanum er ekki bundið við gil líkt og í ytri hlutanum, að undanskildum Hæðarlæk og Hörmungarlæk sem fanga mest af yfirborðsvatninu frá hlíðinni ofan hjallans. Brún innri hluta Þófans er rofin á nokkrum stöðum.

Tvær hvilftir, sem saman kallast Efri-Botnar (einnig Dagmálabotnar), eru staðsettar í 400–500 m y.s. innan við Strandartind. Ytri hvilftin situr á milli Strandartinds og Miðtinds en sú innri á milli Miðtinds og Innri-Strandartinds. Lausu jarðefnin í ytri hvilftinni mynda stóra urðarbingi og er þykkt þeirra við mynni hvilftarinnar 4–8 m. Hryggir og jökulruðningshólar sjást innan hvilftarinnar en eru ekki ríkjandi landslagsform. Þótt urð þekji stóran hluta hvilftarinnar sést móta fyrir undirliggjandi landslagi. Landslagsformin minna mikið á grjóttökla sem myndast við það að skriður falla ofan á jökla og jöklarnir bera efnið með sér fram. Gróður sem þarna vex er fyrst og fremst mosi, fléttur, gras og annar lágvaxinn gróður. Lækir renna undan urðinni á þremur stöðum og sameinast í Búðará skammt neðan við neðstu brún hvilftarinnar.

Innri hvilftinni svipar mjög til þeirrar ytri en þykkt urðarinnar er ívið meiri, eða 6–8 m við mynni hvilftarinnar. Hryggir og jökulgarðar eru áberandi landslagsform og jökulrákir eftir skálarjökla frá lokum síðustu jökulaldar má sjá í berggrunninum við neðstu brún hvilftarinnar. Líkt og í ytri hvilftinni þá vex aðallega lágvaxinn gróður í urðinni. Nokkrir litlir lækir renna undan urðinni yst í hvilftinni og sameinast í Dagmálalæk. Ekkert bendir til þess að urðarbingirnir í Efri-Botnum hafi hreyfst nýlega og engin ummerki er að finna um að stórar skriður hafi hlaupið þaðan niður í Neðri-Botna.

Neðan við Efri-Botna, skammt ofan byggðarinnar, er stór hjalli sem kallast Neðri-Botnar og er hulin lausum jarðlögum. Innri hluti Neðri-Botna, vestur af Búðará, einkennist af fjölda lítilla hryggja, sprungna, og lægða með mýrarkenndum gróðri auk stórra dælda. Þverhryggir efst á hjallanum eru líklega jökulgarðar sem mynduðust framan við jökul sem lá þarna við lok síðustu ísaldar. Skriður úr hlíðunum á milli Efri- og Neðri-Botna virðast ekki hafa hlaupið lengra en að þvergörðunum nema í farvegi Búðará og ekkert bendir til þess að þær hafi hlaupið fram af brún hjallans.

Lítil manngerð tjörn, mynduð úr afrennsli undan hlíðinni neðan við Miðtind auk vatns úr Dagmálalæk, er staðsett innarlega í efsta hluta Neðri-Botna og vatn úr henni rennur í Dagmálalæk. Dagmálalækur fellur niður með innsta hluta Neðri-Botna og afmarkar þá til vesturs. Hann sameinast Fjarðará í botni dalsins. Neðan við tjörnina og jökulgarðana eru fremur flatt svæði þar sem mýrarkenndur gróður vex, enda verða efstu jarðlögin vatnsmettuð í kjölfar rigninga og leysinga. Yfirborðið einkennist af löngum bogadregnum og tröppulaga landformum sem tengjast fornum hreyfingum í þessum lausu jarðlögum.

Ytri hluti Neðri-Botna er fremur einsleitur, þar hafa lækir og ár rofið setlagastaflann og grafið farvegi. Lausa efnið ofan á ytri hluta hjallans er minna hreyft en á þeim innri. Skuldarlækur og Stöðvarlækur renna um ystu gilin. Búðará fellur ofan af brún Neðri-Botna sem foss. Brúnn kallast Botnabrún og er víða rofin en sárin sjást ekki þar sem hún er að stærstum hluta hulin

lúpínu. Meðalhalli brekkunnar neðan við Neðri-Botna er á bilinu 25–33°. Í hlíðarfæti innri hluta Botnahlíðar liggur byggðin á um 1500 m löngum kafla.

2.2 Byggðasaga

Útdráttur úr byggðasögunni sem hér er tekinn saman byggist á *Byggðarsögu Seyðisfjarðar* (Kristján Róbertsson, 1995), *Húsasögu Seyðisfjarðar* (Þóra Guðmundsdóttir, 1995) og *Byggingarár húsa á Seyðisfirði* (Harpa Grímsdóttir, 1997).

Í Landnámabók segir frá upphafi byggðar í Seyðisfirði:

„Loðmundur var rammaukinn mjög og fjölkunnugur. Hann skaut fyrir borð öndvegissúlum sínum í hafi og kvaðst þar byggja skyldu, sem þær ræki á land. En þeir fóstbræður tóku Austfjörðu, og nam (Loðmundur) Loðmundarfjörð og bjó þar þenna vetur.“

„Bjólfur fóstbróðir Loðmundar nam Seyðisfjörð allan og bjó þar alla ævi; hann gaf Helgu dóttur sína Áni hinum ramma, og fylgdi henni heiman öll in nyrðri strönd Seyðisfjarðar til Vestdalsár. Ísólfur hét sonur Bjólfs, er þar bjó síðan og Seyðfirðingar eru frá komnir.“

Margar frásagnir eru til af Loðmundi en lítið er vitað um afdrif Bjólfs og barna hans, því hans er ekki getið í öðrum fornum ritum svo vitað sé.

Fyrstu aldirnar eftir landnám er lítið vitað um mannlíf í Seyðisfirði en í kirkjumáladrögum frá 14. öld kemur fram að 10 bæir heyri undir höfuðkirkjuna að Dvergasteini, þar á meðal Dvergasteinn, Kolstaðir, Brimnes, Seyðis- eða Seyðarfjörður og Þórarinsstaðir. Í manntalinu árið 1703 er fyrstu áreiðanlegu tölurnar um mannfjölda að finna. Þá voru 14 býli og hjáleigur skráðar með samtals 134 íbúum en af þeim voru Dvergasteinn (16 manns), Vestdalur (14 manns) og Fjörður (13 manns) stærst.

Fram til loka 19. aldar helst íbúafjöldinn á bilinu 100–150, hann fer lægst í 103 í byrjun 18. aldar en hæst í 156 árið 1840. Á þessum tíma var aðalatvinnuvegurinn sauðfjárrækt og fiskveiðar aðallega stundaðar á sumrin sem aukabúgrein. Þetta tók breytingum um miðja 19. öld með tilkomu síldarveiða Norðmanna, þegar fiskvinnsla varð að atvinnugrein og fjölmenni vann við fiskveiðar og fiskverkun, auk verslunarfólks og iðnaðarmanna. Árið 1842 varð Fjörður að löggiltu kaup-túni og frá 1840–1880 fjórfaldaðist íbúafjöldinn úr 156 í 617 og fjöldi húsa og þurrabúða reis á Vestdalseyri, Fjarðaröldu, Búðareyri og Þórarinsstaðaeyrum. Árið 1885 féll mannskætt snjóflóð á Fjarðaröldu og upp úr því varð töluverð fólksfækkun, sérstaklega í Fjarðaröldu. Þennan síðasta áratug 19. aldarinnar voru miklar sveiflur í íbúafjölda í takt við sveiflur í sjávarútvegi. Árið 1895 fékk Seyðisfjörður kaupstaðarréttindi og fimm árum seinna var íbúafjöldi kominn yfir 1100.

Á 20. öldinni fjölgaði íbúðarhúsum á Seyðisfirði mikið og fyrri hluta aldarinnar voru flest húsín reist við sjávarsíðuna undir Bjólfi, út með Strandartindi og við ós Fjarðarár. Elstu hús bæjarins standa því við fornu strandlengjuna og á milli þeirra standa hús sem byggð voru á síldartímabilinu en lítið er um nýbyggingar við ströndina að undanskildum hafnarmannvirkjum. Mikil landmótun hefur átt sér stað á Seyðisfirði frá miðri síðustu öld og víða eru landfyllingar framan

við elstu húsinn undir Strandartindi. Á síldarárunum var mikill gangur í uppbyggingu á Seyðisfirði og fór að bera á skorti á byggingarlandi. Í kjölfarið byggðust ný hverfi upp undir innri hluta Botnabrúnar og innri hluta Bjólfsins en fram að því höfðu engin hús verið reist undir hlíðunum á þessum slóðum. Samkvæmt deiliskipulagi frá 2010 er gert ráð fyrir uppbyggingu íbúðarsvæðis undir Botnabrún og áfram inn dalinn og upp með Fjarðará en ekki er gert ráð fyrir frekari þróun byggðar undir Bjólfinum sökum snjóflóðahættu. Samkvæmt Fasteignaskrá ríkisins (Þjóðskrá Íslands, 2016) eru nýjustu fasteignir undir suðurhlíðum byggðar á landfyllingunni skammt innan við Búðará. Íbúafjöldi Seyðisfjarðar var 676 árið 2018 en í aðalskipulagi 2010–2030 er miðað við að hann nái aftur 1000 í lok tímabilsins.

2.3 Veðurfar

Veðurfar hefur eðli málsins samkvæmt mikil áhrif á ofanflóðahættu. Skriður og aðrar tegundir ofanflóða falla oftast í kjölfar tiltekinna veðurfarsaðstæðna en aðrir ytri þættir eins og jarðskjálftar, eldgos og breyting á grunnvatnsaðstæðum geta einnig haft áhrif. Algengast er að skriður falli í kjölfar stórrigninga og/eða örrar leysingar, en úrkomuákefð og heildarúrkoma ráða tegund og stærð skriðufalla. Stór snjóflóð falla oftast í tengslum við aftakaveður að vetrarlagi með mikilli ofankomu og skafrenningi en krapaflóð þegar hlánar og rignir snögglega niður í snjó.

Töluverðar sveiflur eru í veðri á milli árstíða á Seyðisfirði og mun meiri en í nágrannabæjum. Lægsti mældi hiti er -18°C , sá hæsti er nálægt 28°C og ársmeðalhiti er tæplega 4°C á tímabilinu frá 1962 til 2001. Hitafall með hæð á Seyðisfirði er um 0.7°C á hverja 100 hæðarmetra þegar hitinn er borinn saman við Gagnheiði og Fjarðarheiði (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002).

Úrkomumælingar hafa verið gerðar í Seyðisfirði síðan 1935, en eyður eru í mælingum frá 1953–1956. Meðalársúrkoma á svæðinu er um 1600 mm á mönnuðu stöðinni á Seyðisfirði, sem lögð var af árið 2002. Í stað hennar var sjálfvirkri veðurstöð komið upp árið 2014 en sjálfvirk veðurstöð hefur verið í rekstri í Vestdal frá 1995. Samkvæmt samanburði á úrkomumælingum á milli mönnuðu stöðvarinnar á Seyðisfirði og sjálfvirkri stöðvarinnar í Vestdal mælist um 20% minni úrkoma í Vestdal, eða um 1300 mm. Það fer vel saman við útreikninga á meðalársúrkomunni í Vestdal frá 1996 til 2014 en á því tímabili var meðalársúrkoma um 1310 mm. Ekki er hægt að bera saman mælingar á nýju sjálfvirkri veðurstöðinni á Seyðisfirði og þeirri í Vestdal þar sem fyrri stöðin hefur einungis verið rekstri í fimm ár. Mesta melda ársúrkoman á mönnuðu stöðinni á Seyðisfirði var 2495 mm árið 1974 og 2437 mm árið 1972 en á sjálfvirkri stöðinni í Vestdal var hún 2169 mm árið 2014. Þetta eru einu árin þar sem úrkoma hefur farið yfir 2000 mm frá því að mælingar hófust. Lægsta meðalársúrkoma á mönnuðu stöðinni mældist 1023 mm árið 1967 en í Vestdal mældist hún 965 mm árið 2005. Það gerist með reglulegu millibili að meira en 500 mm safnist fyrir í mælana á einum mánuði og stöku sinnum mælist meira en 100 mm úrkoma á einum sólarhring. Dagsúrkoma yfir 100 mm hefur mælst í öllum mánuðum ársins en mesta melda sólarhringsúrkoma á mönnuðu stöðinni á Seyðisfirði var 140.6 mm í febrúar 1974 en í Vestdal mældist hún 159.7 mm í nóvember 2002 og 153.5 mm í október 2001. Mesta úrkoman á Seyðisfirði fellur gjarnan á haustin og fyrri part vetrar (Þorsteinn Arnalds og fl. 2002).

Lega fjarðarins ræður miklu til um veðráttu á Seyðisfirði, en ríkjandi vindáttir í bænum eru úr vestri og austri. Yfir vetrartímann eru austnordæstánáttir tíðari sem síðan snúast til norðurs yfir sumartímann. Vindar sem blása úr austnordæstri mælast oftast með hærri vindstyrk en aðrar vindáttir. Meðalvindhraði í Vestdal er í kringum 4.4 m/s en hviður geta verið mjög sterkar á þess-

um slóðum, sérstaklega yfir vetrarmánuðina frá nóvember til apríl. Sterkasta hviðan sem mælt hefur var 53.3 m/s í janúarmánuði. Hnjúkaþeyr (Föhn-vindur) sem blæs úr vestri ber gjarnan með sér mikinn hita sem getur farið vel yfir 20°C að sumarlagi og en slík veðurafrbrigði geta komið á öllum tímum ársins og hiti undir þessum kringumstæðum farið yfir 13°C hvenær ársins sem er. Sjálfvirka veðurstöðin á Gagnheiði (949 m y.s.) gefur bestu vísbendingu um vindafar í fjallahæð í grennd við kaupstaðinn. Algengasta vindáttin á Gagnheiði yfir vetrarmánuðina er úr austri, vestsuðvestri og norðnorðaustri. Algengasta úrkomuáttin á Seyðisfirði er úr norðaustri. Nánari athugun var gerð á ríkjandi úrkomuáttum á Fjarðarheiði og Gagnheiði þegar hiti var undir 1°C á Dalatanga, þá reyndist mesta úrkoman í vindum sem blása úr geiranum frá norðri til norðnorðausturs. Við þessar aðstæður komu sterkustu hviðurnar úr vestnorðvestri (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002).

Greining á veðri í aðdraganda snjóflóðahrina var gerð af Sigrúnu Karlsdóttur árið 2002. Í greiningunni kemur fram að flest snjóflóð falla í kjölfarið á löngum og miklum úrkomuköflum en fjöldi flóða fellur einnig í kjölfar hlýinda eða hláku. Snjóflóð á Seyðisfirði eru algengust í norðaustlægum áttum en á seinni árum hefur fjöldi flóða í kjölfar suðlægra vinda aukist m.a. vegna betri skráningar. Fylgni er á milli úthlaupslengdar snjóflóða, vindstyrks og úrkomu þannig að ef úrkoma og vindur eru mikil í snjóflóðahrinu má búast við lengri flóðum.

Nánari greiningu á veðri frá 1971 til 2001 má nálgast í skýrslu Þorsteins Arnalds o.fl. (2002) og Sigrúnar Karlsdóttur (2002).

3 Ofanflóðasaga

3.1 Snjóflóð

Landnæði fyrir botni Seyðisfjarðar er af skornum skammti og er byggðin nær hvarvetna umlukin bröttum fjöllum. Snjóflóð eru tíð og hafa valdið gríðarlega miklum skaða bæði á fólki og mannvirkjum. Mannskæðasta snjóflóðaslys Íslandssögunnar, sem öruggar heimildir eru til um, átti sér stað á Seyðisfirði árið 1885 þegar hlíð Bjólfs allt frá Jókugili austur fyrir Hlaupgjá hljóp samtímis. Snjóflóðið tók 14 hús, alls lentu 86 manns í flóðinu og fórust af þeim 24. Fjallað er um snjóflóðasögu Seyðisfjarðar í fyrri skýrslum VÍ (Kristján Ágústsson, 2002; Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002; Tómas Jóhannesson & Eiríkur Gíslason, 2011) og er hér einungis fjallað um þau flóð sem fallið hafa sunnan fjarðar frá því að fyrri samantektir voru ritaðar.

Frá því að snjóathugunarmaður tók til starfa árið 1995 hefur skráning flóða verið í nokkuð föstum farvegi. Frá þeim tíma er líklegt að ofanflóðagagnagrunnur Veðurstofu Íslands og Náttúrufræðistofnunar Íslands taki til bæði stærri flóða og einnig minni flóða sem ekki ollu tjóni eða komu nálægt byggð, en þau vantar í eldri gögn. Flesta vetur er nú skráður nokkur fjöldi flóða en flest þeirra eru lítil. Af stærri flóðum lætur nærri að undanfarinn áratug hafi verið skráð að meðaltali eitt flóð af stærð 3 eða meira á vetri hverjum. Frá því að snjóflóðasagan var tekin saman árið 2002 hefur fjöldi flóða verið skráður sunnan fjarðar. Langflest flóðanna eru lítil og engin þeirra hafa náð niður í byggð. Sunnan fjarðar eru þrjú svæði þar sem snjóflóð eiga helst upptök ofan byggðarinnar: Þetta eru hlíðar Strandartinds og Efri-Botna og hlíðin upp af Neðri-Botnum. Kort 2 og 3 sýna þekktar útlínur snjóflóða. Ágætt er að hafa í huga að mun fleiri snjóflóð hafa verið skráð í gagnagrunninn þótt útlínur þeirra séu ekki teiknaðar upp.

Í hvíltum Efri-Botna eru að jafnaði skráð snjóflóð árlega eða annaðhvert ár frá árinu 2006. Flest þeirra ná stutt og stöðvast inni í hvíltunum ofan 600 m y.s. Einungis eru til tvær skráningar á flóðum sem hafa farið neðar. Árið 2001 féll flóð úr austurvæng Ytri-Dagmálabotns sem stöðvaðist í 480 m y.s. og í maí 2013 féll flóð sem átti upptök mun neðar, eða undir Strandartindi í um 640 m y.s. og stöðvaðist í 440 m y.s. Flestar skráningar eru í Ytri-Dagmálabotni og þar virðast upptakasvæðin undir Strandartindi geta skilað flóðum með meiri úthlaupslengd. Í Fremri-Dagmálabotni eru flest flóðin með svipaða úthlaupslengd og stöðvast í um 650 m y.s. utan eins sem náði niður í 610 m y.s. Í mars 2014 féll flóð úr allri skálinni samtímis. Innan við Miðtind virðast flóð mun fátíðari og þar eru einungis skráð þrjú flóð, eitt frá 2001, smáspýja frá 2006 og það þriðja frá 2014.

Í brattanum upp af Neðri-Botnum eru tvö flóð skráð úr sama upptakasvæði. Fyrri flóðið og það stærra féll í febrúar 2002 en seinna flóðið um áramótin 2013–14. Bæði voru þau lítil og stöðvuðust ofan flatans í Neðri-Botnum. Rennslisstig þeirra var innan við 10.

Þegar hættumatið fyrir Seyðisfjörð var gefið út árið 2002 voru einungis heimildir um nokkur gömul snjóflóð í hlíðum Strandartinds en síðan þá hafa verið skráð 13 flóð, þar af tvö krapaflóð. Stærstu flóðin náðu niður fyrir 200 m hæð og stöðvuðust ofarlega á Þófanum. Tunga eins þeirra rann þó lengra og stöðvaðist í 30 m y.s. rétt utan við byggðina. Þau flóð sem komist hafa næst byggðinni voru vot flekahlaup, sem runnu niður farvegi Þófalækjar annars vegar og Imslandsgils hins vegar. Hið fyrri stöðvaðist í um 100 m y.s. en flóðið í Imslandsgili hrannaðist upp 70 metrum ofan vegar í um 30 m y.s.

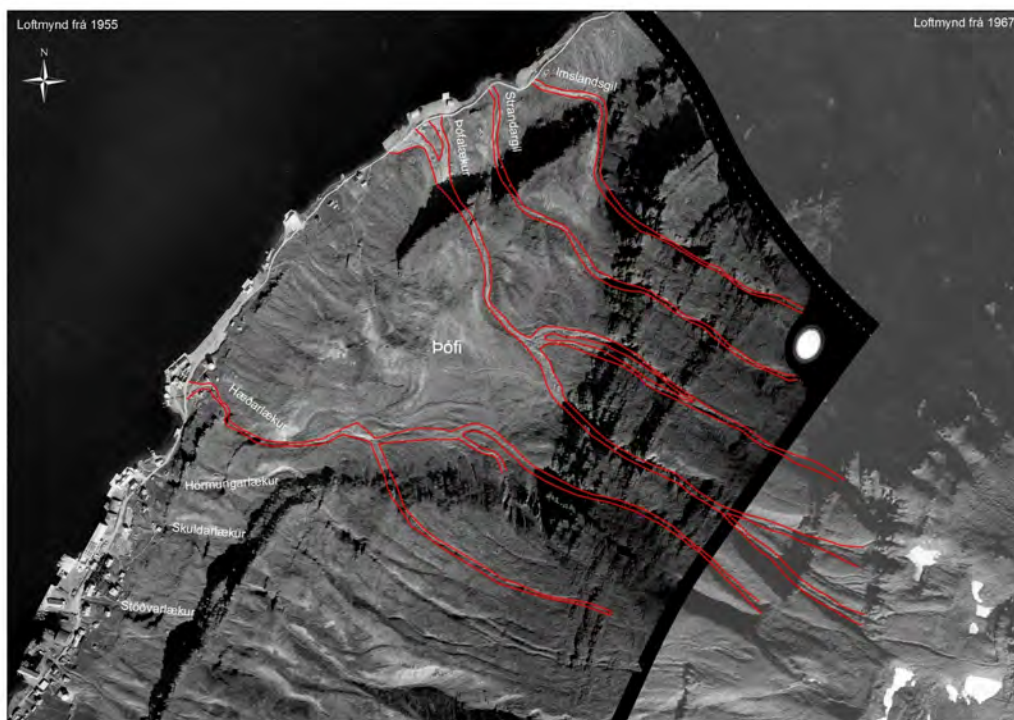
3.2 Skriðuföll

Frá lokum síðustu aldar hafa fjölmargar skýrslur og minnisblöð, sem fjalla um skriðuaðstæður á Seyðisfirði, litið dagsins ljós. Öll ritin fjalla um einstaka þætti sem snúa að skriðuhættunni ofan við suðurhluta bæjarins. Þar má nefna athuganir á jarðgerð, efnisrannsóknir lausra jarðlaga, mælingar á hreyfingu lausra jarðlaga, staðnirreikningar og greining á skriðuseti í jarðvegi svo eitthvað sé nefnt. Öll varpa þau ljósi á skriðuaðstæður ofan við byggðina en nálgast má yfirlit um helstu rit og rannsóknir sem framkvæmdar voru á árunum 2002 til 2014 í skýrslunni *Rannsóknir í Þófum og Botnum á Seyðisfirði* eftir Sigurjón Hauksson (2014). Þýðingarmestu ritin í tengslum við framkvæmd þessa hættumats eru *Saga skriðufalla á Seyðisfirði* eftir Halldór G. Pétursson og Þorstein Sæmundsson (1998), *Mat á aurskriðu- og grjóthrunshættu við Seyðisfjarðarkaupstað* eftir Þorstein Sæmundsson og Halldór G. Pétursson (1999), *Hazard zoning for Seyðisfjörður* eftir Þorstein Arnalds o.fl. (2002), *Skriðuset í jarðvegi í Seyðisfjarðarkaupstað og Botnum* eftir Óskar Knudsen og Guðrínu Larsen (2013), *Skriðurannsóknir á Seyðisfirði árið 2015* eftir Árna Hjartarson (2015), *Overview of landslide hazard and possible mitigation measures in the settlement southeast of Fjarðará River in Seyðisfjörður* eftir Daniel Ilmer o.fl. (2016) og *Skriðurannsóknir á Seyðisfirði árið 2016* eftir Árna Hjartarson og Jón Kristin Helgason (2017).

Skriðuföll á Seyðisfirði hafa valdið manntjóni, skemmdum á íbúðar- og atvinnuhúsnæði og töluverðu tjóni á innviðum bæjarins um langan aldur. Í skýrslu Halldórs G. Péturssonar og Þorsteins Sæmundssonar frá 1998 er sögu skriðufalla í Seyðisfirði frá 1882 til 1997 gerð góð skil en mikilvægt er að hafa í huga að einungis skriður sem ollu tjóni eða slysum rötuðu í heimildir á seinni hluta 19. aldar og fyrri hluta 20. aldar. Eftir því sem leið á 20. öldina fjölgaði skráningum á skriðum sem ekki ollu tjóni. Á síðasta aldarfjórðungi hafa flestar skriður sem fallið hafa í grennd við byggðina verið skráðar af snjóeftirlitsmönnum VÍ sem starfað hafa á svæðinu. Staðsetning rúmlega 100 skriðna er vel þekkt en búast má við því að raunverulegur fjöldi skriðufalla á svæðinu á tímabilinu 1882–2016 sé að minnsta kosti 3–4 sinnum hærri. Nú er vel haldið utan um skráningu skriðufalla og upplýsingarnar vistaðar í sameiginlegu ofanflóðagagnasafni Veðurstofu Íslands og Náttúrufræðistofnunar Íslands. Staðsetning skriðufalla frá 1882 til 2016 er sýnd á korti 8. Skriðurnar hafa verið staðsettar með GPS mælingum og út frá munnlegum og rituðum heimildum, gömlum ljósmyndum eða loftmyndum. Hér á eftir fylgir lýsing á stærri skriðuhrinum á Seyðisfirði. Lítið hefur verið ritað um skriðufallasöguna frá 1997 til 2016 og því fá skriður sem féllu á þessu tímabili sérstaka umfjöllun.

Að lágmarki níu stórar skriðuhrinur hafa orðið á Seyðisfirði frá lokum 19. aldar, sem valdið hafa töluverðu tjóni. Allar þessar hrinur tengjast stórrigningum að undangengnum löngum votviðrisköflum og sumar þeirra má einnig rekja til leysinga. Mest tjón varð í ágúst 1950, september 1958, ágúst 1989 og júní 2017. Votviðriskafnanir árin 2001 og 2002 fá einnig sérstaka umfjöllun hér vegna hættunnar sem þá skapaðist.

Að minnsta kosti 40 skriður féllu innan Seyðisfjarðar í hrunni 19. ágúst 1950. Skriður féllu víða á Austfjörðum í þessu mikla votviðri og ollu víða tjóni. Mesta tjónið var á suðurströnd Seyðisfjarðar, nánar tiltekið undir Þófanum, þar sem sex hús urðu fyrir skriðum sem áttu upptök í Strandartindi, en tvö þessara húsa eyðilögðust. Tjón varð einnig á Selsstöðum, þar sem miklar skemmdir urðu á útihúsum og túnnum. Skriður féllu í flestum giljum Strandartinds, en þær stærstu féllu niður á Þófann, ofan í Þófalæk og Hæðarlæk. Skriðan sem féll í Þófalæk eyðilagði íbúðarhús, sem stóð á aurkeilunni undir gilinu, og banaði fimm manns, þar af voru fjögur börn.



Mynd 3. Samsettar loftmyndir frá 1955 og 1967 sýna yfirborð Þófans og norðausturhlíð Strandartinds. Á loftmyndinni sjást ummerki skriðnanna sem féllu úr Strandartindi 19. ágúst 1950. Helstu skriðulækirnir á myndinni eru Hæðarlækur, Þófalækur, Strandargil og Imlandsgil. Útlínur skriðnanna eru merktar með rauðum línunum. Loftmyndirnar eru frá Landmælingum Íslands (Árni Hjartarson & Jón Kristinn Helgason, 2017).

Skriðan, sem féll í Hæðarlæk, olli miklu tjóni á fiskvinnslunni og eyðilagði næstum því íbúðarhús sem stóð við hana. Ólafur Jónsson (1957) fór á vettvang sumarið 1951 til að skoða ummerki skriðufallanna. Honum virtist sem upptök skriðnanna hefðu verið í urðinni undir hátindi Strandartinds. Frá urðinni mátti sjá ummerki niður fjallshlíðina og niður á láglendi. Skriðan sem féll í Þófalæk sótti auk þess mikið efni af yfirborði Þófans. Hún var um 10 m breið og 5–6 m þykk uppi á Þófanum í frekar afmörkuðum farvegi en breiddi verulega úr sér á láglendi og mældist þar um 100 m breið. Skriðan sem féll í Hæðarlæk skildi allmikið af grjóti og aur eftir á Þófanum og meðfram farvegi lækjarins og var því ekki jafn stór og skriðan úr Þófalæk þegar hún náði byggðinni. Farvegur Hæðarlækjar er ekki jafn vel afmarkaður og farvegur Þófalækjar.

Hátt í 20 skriður féllu í og við Seyðisfjarðarkaupstað í hrinu 30. september 1958. Fólk forðaði sér úr 20–30 húsum þar sem skriðuhættan var mest en mesta tjónið varð á suðurströndinni. Þar féllu skriður úr flestum lækjum Strandartinds þennan dag, sem og víðsvegar um fjörðinn, og efnismestu skriðurnar ollu töluverðu tjóni innan bæjarins. Skriða sem kom niður Hörmungarlæk tók íbúðarhúsið Hörmung og skriða í Skuldarlæk olli töluverðum skemmdum á íbúðarhúsinu Skuld. Undir Stöðvarlæk urðu skemmdir á húsinu sem hýsir bæjarskrifstofunnar.

Milljónatjón varð af völdum skriðufalla og vatnavaxta dagana 11.–12. ágúst 1989 er hátt í 13 skriður féllu á Seyðisfirði og í næsta nágrenni. Samkvæmt lýsingum var allur bærinn austur af Búðará hulinn grjóti, drullu og vatni (Halldór G. Pétursson & Þorsteinn Sæmundsson, 1998).

Tuttugu fjölskyldum í húsum innan við Hafnargötu 11 var fyrirskipað að yfirgefa hús sín kvöldið 11. ágúst. Í veðrinu féllu fjórar efnismiklar skriður úr hlíðum Strandartinds á ysta hluta bæjarins. Skriður þessar féllu í Búðará, Stöðvar-, Hæðar- og Þófalæk. Stærsta skriðan féll í Stöðvarlæk og fyllti hún allan farveginn neðan við Botnabrún af aur og grjóti og náðu skriðutaumanir í sjó fram. Skriða þessi lokaði veginum og hlóðst upp að húsinu við Hafnargötu 37. Skriðan í Búðará dreifði úr sér á innri hluta aurkeilunar. Hún olli litlu tjóni en töluverðum óþægindum. Skriðan í Hæðarlæk olli litlum sem engum skemmdum á atvinnuhúsnaði Síldarvinnslunnar en lokaði Strandarvegi um tíma og skriðan í Þófalæk skemmdi húsið við Strandarveg 23, sem tilheyrir Síldarvinnslunni. Einnig féllu nokkrar stórar skriður í utanverðum Strandartindi og lokuðu veginum.

Árið 2001 uppgötvuðust nýlegar sprungur á yfirborði í brún Þófans og Neðri-Botna í einni af vettvangsferðunum Veðurstofunnar í tengslum við ofanflóðahættumat (Esther Jensen, 2001). Sprungurnar gáfu til kynna að laus jarðlög væru á hreyfingu, en mikil hreyfing var í innri hluta Þófans. Efsta sprungan fyrir miðju Þófans, ofan við Síldarvinnsluna, var yfir 200 m löng og um 15–20 cm víð, og lóðrétt færsla um hana var nálægt 10 cm. Eftir langa vætutíð frá ágúst til október 2001 fjölgaði togsprungum. Sú lengsta var um 100 m löng og fannst í brún Þófans rétt utan við Hæðarlæk. Þegar dró úr úrkomunni minnkaði gliðnunin og á endanum námu lausu jarðlögin í Þófanum staðar án þess að hlíðin hlypi á stóru svæði þótt nokkrar smáskriður hafi orðið af völdum hreyfingarinnar. Eftir þetta var föstum GPS punktum komið fyrir á björgum innan svæðisins til þess að fylgjast með frekari hreyfingum og hafa þeir verið mældir með reglulegu millibili síðan. Hreyfing var áberandi mikil frá 2001 til 2003 en hefur verið lítil síðustu árin. Heildarfærsla frá upphafi mælinga í virkasta hluta Þófans er víðast á bilinu 10–35 cm (mest 65 cm) en hreyfing í Neðri-Botnum er mun minni, eða víðast á bilinu 5–10 cm (mest 46 cm). Mesti mældi hraði í lóðréttu plani í Þófanum var 92 cm á ári á tveggja mánaða tímabili og 16 cm á ári yfir 12 mánaða tímabil í Neðri-Botnum frá 2002–2003. Þessi svæði eru enn virk og hreyfing virðist tengjast auknum vatnsþrýstingi í yfirborðslögum, en hann hækkar til muna í vætutíð, sem stundum er samfara leysingum (Daniel Ilmer o.fl., 2015).

Í sama veðrinu árið 2001, myndaðist 30 m löng sprunga í Nautaklauf í Botnabrún. Hreyfing þar leiddi ekki til stórfelldra skriðufalla en ári seinna, nánar tiltekið í nóvember 2002, opnuðust nýjar sprungur í Botnabrún í kjölfar langvarandi vætutíðar, flestar á svæðinu á milli Skuldarlækjar og Nautaklaufar. Þessi hreyfing leiddi til þess að tvær skriður féllu úr brúninni rétt vestan við Búðará en til allrar hamingju ollu þær litlu tjóni. Samkvæmt frásögnum er þetta ekki í fyrsta skipti sem sprungur myndast í Botnabrún en til eru frásagnir af sprungumyndun frá 1925 á svipuðum slóðum og skriðurnar féllu árið 2002. Ljósmyndir frá byrjun 20. aldar (sjá mynd 1) benda ennfremur til þess að skriður úr innri hluta Neðri-Botna hafi eitt sinn verið algengar en eftir að gróður festi rætur í hlíðinni hefur dregið úr tíðni þeirra. Þessar skriður féllu áður en byggðin undir innri hluta Botnabrúnar reis og ollu af þeim sökum ekki tjóni. Hætta á litlum skriðum úr brún Neðri-Botna er enn til staðar.

Frá 2002 til 2017 var lítið um skriður í hlíðunum ofan við sunnanverðan bæinn, en á sama tímabili féllu fjölmargar skriður úr hlíðunum í norðanverðum firðinum og í botni hans. Í ofanflóðagagnasafni Veðurstofunnar og Náttúrufræðistofunnar er einungis að finna fjórar skriðufalla-skráningar ofan við sunnanverðan bæinn á tímabilinu 2002–2017. Árið 2002 féll skriða úr gilinu ofan við Norðursíld, sem hljóp yfir veginn og á húsið, en efnið hlóðst upp í rás ofan við húsið og olli því ekki miklu tjóni. Upptök skriðunnar voru í mýrinni efst í gilinu. Árið 2011 hrundi

úr klettunum ofan við Síldarvinnsluna og náði hrungrjótið niður á veg. Þær tvær skráningarnar sem eftir standa eru skriður sem féllu í asahláku í lok árs 2015 úr hlíðinni í innanverðum Neðri-Botnum og gílinu ofan Norðursíldar, en hvorug olli miklu tjóni. Í þessu veðri gekk hlýtt loft með töluverðri úrkomu yfir landið og olli skriðuföllum, snjóflóðum og krapaflóðum víðsvegar um norðaustanvert landið. Þótt fáar skriður hafi fallið á tímabilinu hafa lækir og gil oft orðið mórauð af völdum mikillar úrkomu og borið fram mikið efni. Þá hafa engar nýjar sprungur fundist í brún Botnahlíðar eða Þófans síðan 2002.



Mynd 4. Margt er líkt með útbreiðslu og tjóni af völdum skriðunnar sem féll úr Þófagili árið 1989 og þeirrar sem féll á sama stað 2017. Myndin frá 1989 er úr ljósmyndasafni Síldarvinnslunnar en myndin frá 2017 er tekin af Jóni Kristni Helgasyni.

Miklir vatnavextir og skriðuföll urðu á austanverðu landinu dagana 23.–24. júní 2017 í norðaustan hvassviðri og rigningu. Á norðanverðum Austfjörðum varð víða tjón af völdum vatnavaxta, flóða og skriðufalla. Á Seyðisfirði flæddu lækir og ár yfir bakka sína og féllu fimm skriður í og við kaupstaðinn, allar í hlíðum sem vita mót norðri. Stærsta skriðan féll niður Þófalæk og í sjó fram. Hún olli tjóni á Strandarvegi 27 (Flísahúsið) og skemmu í eigu Síldarvinnslunnar, sem stendur við Strandarveg 23. Útbreiðslu skriðunnar svipar mjög til skriðu sem féll í ágúst 1989, sjá mynd 4. Fínefnaríki hluti hennar, eða soppan, hlóðst upp að Flísahúsinu og flæddi inn um bílskúrshurð á neðstu hæð og olli þar töluverðu tjóni innanstokks (Jón Kristinn Helgason & Óliver Hilmarsson, 2017).

4 Jarðfræðileg ummerki ofanflóða og könnun jarðlaga

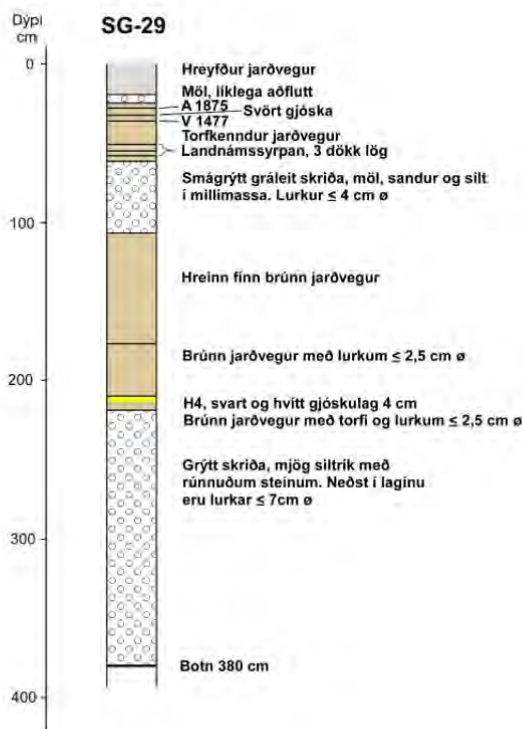
Eins og fjallað var um í síðasta kafla varð vart við sprungur og hreyfingu á jarðlögum í Þófanum og Botnabrún laust eftir aldamótin 2000. Þær leiddu síðar til skriðufalla sem ollu tjóni á mannvirkjum og innviðum bæjarins. Þetta varð hvatinn að ýtarlegum rannsóknum á skriðuaðstæðum við sunnanverðan Seyðisfjörð, en eins og fram kom í kafla um ofanflóðasögu falla skriður reglulega í hlíðum Strandartinds og Botnabrúnar. Rannsóknum á svæðinu lauk veturinn 2017 og er fjallað um niðurstöðurnar í fjölda skýrslna og minnisblaða. Meðal þess sem gert var í þessu verkefni voru GPS mælingar á föstum mælipunktum innan svæðisins og ýtarlegar jarðlagarannsóknir í Þófa og Neðri-Botnum. Alls voru boraðar 23 borholur og grafnar 32 rannsóknargryfjur í Þófanum, Neðri-Botnum og innan þéttbýlisins. Niðurstöður úr borholum og gryfjum voru notaðar til þess að greina jarðlög, meta stæðni og rannsaka skriðuset og dreifingu skriðufalla svo eitthvað sé nefnt. Í jarðlagagryfjum innan þéttbýlisins sáust merki um stórar, forsögulegar skriður, sem að öllum líkindum hafa fallið niður í Fjarðará eða í sjó fram eins og nánar er fjallað um hér að neðan. Yfirlit um rannsóknir á svæðinu frá 2001 til 2014 var tekið saman af Sigurjóni Haukssyni (2014) og nánari umfjöllun um dreifingu og uppruna skriðufalla er í skýrslum Óskars Knudsen og Guðrúnar Larsen (2013), Árna Hjartarsonar (2015) og Árna Hjartarsonar og Jóns Kristins Helgasonar (2017).

4.1 Jarðfræðileg ummerki skriðufalla innan Búðarár

Fyrstu rannsóknir á ummerkjum skriðufalla í jarðlögum í og við sunnanverðan Seyðisfjarðar-kaupstað fóru fram á árunum 2003–2004. Fimm könnunargryfjur voru þá grafnar innan byggðarinnar, milli Dagmálalækjar og Búðarár, og mynduðu þær röð (SG-21 til SG-25) frá Múlavegi austur undir Búðará. Auk þessa voru tvær gryfjur grafnar í Botnabrún og ein efst í Neðri-Botnum (SG-26 til SG-28). Niðurstöðurnar leiddu í ljós að þrjár stórar skriður hafa fallið úr hlíðum ofan við byggðina og náð niður í Fjarðará eða í sjó fram. Í rannsókninni voru upptakasvæði ekki ákvörðuð en þeirri spurningu velt upp hvort sífreri í urðunum í Efri-Botnum kynni að hafa verið orsakavaldur og hvort yfirstandandi hlýindi gætu aukið hættu á skriðuföllum þaðan (Óskar Knudsen og Guðrún Larsen, 2013).

Til þess að varpa frekara ljósi á dreifingu og uppruna skriðufallanna voru aðstæður kannaðar nánar haustið 2015 og 2016. Árni Hjartarson fór haustið 2015 til þess að kanna aðstæður í hlíðunum ofan við byggðina innan Búðarár og taldi ólíklegt að skriðurnar ættu upptök í urðum Efri-Botna. Urðirnar hafa einkenni grjóttjökuls, þar sem skriður og grjót hafa fallið á jökultungur og borist með þeim út skálarnar en skálarbrúnirnar eru úr föstu bergi og mynda stall framan við tungurnar. Landslagsformin benda til þess að eitt sinn hafi verið ískjarni í þeim en ekki sjást ummerki um nýlega hreyfingu í urðunum og engar vísbendingar fundust sem gefa til kynna að efni hafi hlaupið úr þeim fram af stöllum (Árni Hjartarson, 2015).

Haustið 2015 og 2016 voru grafnar fjórar gryfjur til viðbótar innan byggðarinnar, ein við grunn-skóla bæjarins (SG-29) og þrjár á aurkeilunni undir Búðargili (SG-30 til SG-32) til þess að varpa frekara ljósi á dreifingu skriðufalla á láglandi og bæta við kort Óskars Knudsen og Guðrúnar Larsen frá 2014. Mynd 5 sýnir dæmi um jarðlagasnið úr gryfju SG-29, þar sem greina má tvö skriðulög, það efra um 0.5 m að þykkt og það neðra >1.5 m að þykkt. Niðurstöður á greiningu jarðlaga í gryfjunum sýndu að stóru skriðurnar voru líklegast fjórar. Ummerki í Neðri-Botnum og á Botnabrún benda til þess að þar hafi miklar fyllur hlaupið fram við Klauf, Nautaklauf og úr

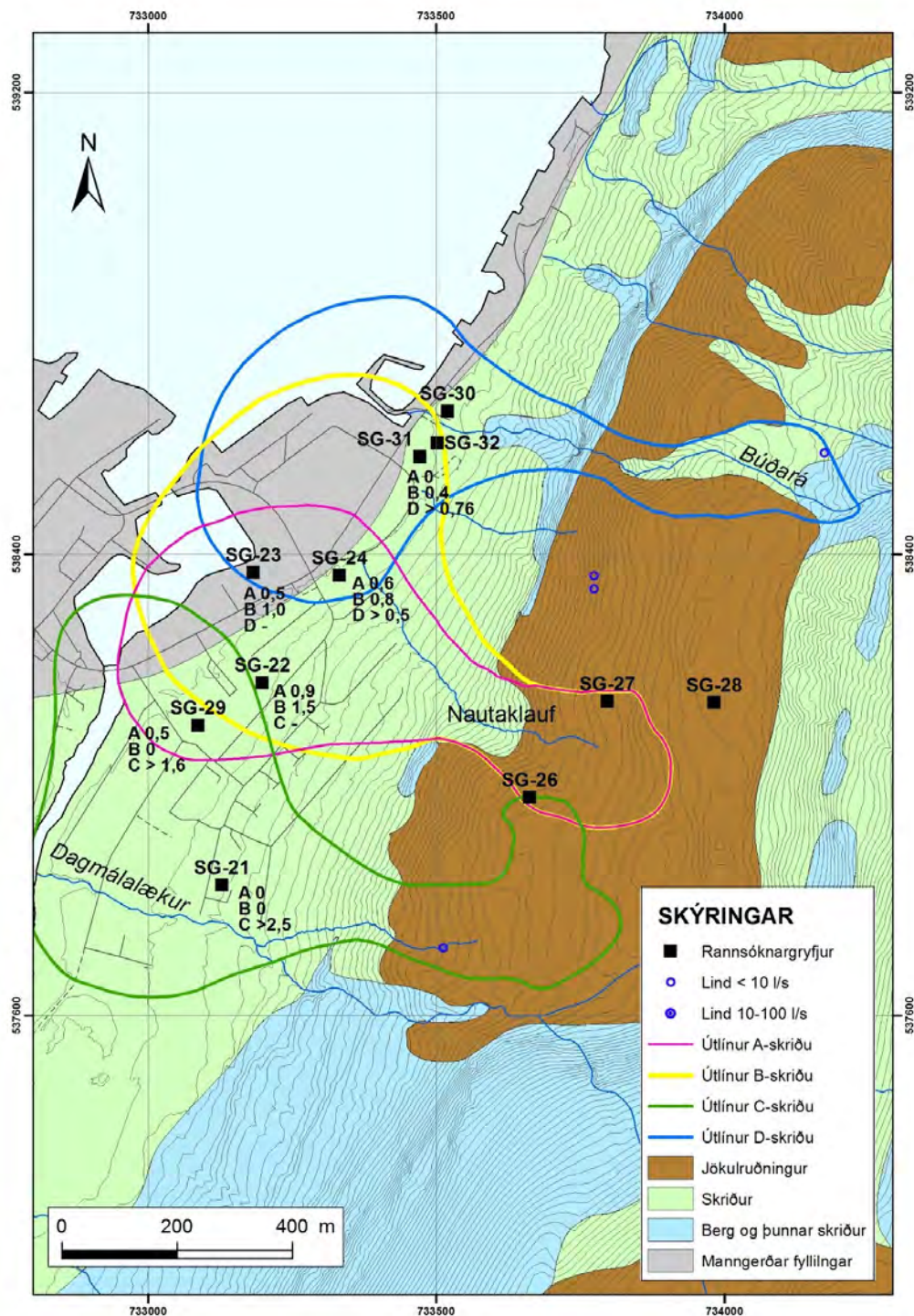


Mynd 5. Jarðvegssnið í rannsóknargryfju SG-29 á túni við Suðurgötu (Árni Hjartarson, 2015). Staðsetning sniðsins er sýnd á mynd 6.

farvegi Búðarár (Árni Hjartarson, 2015). Þessi ummerki gefa til kynna að uppruna skriðnanna sé að leita þar en ekki í urðabingjum í Efri-Botnum eins og fyrst var talið.

Forsögulegu skriðurnar fjórar verið nefndar A-, B-, C- og D-skriða, sjá mynd 6 (Árni Hjartarson, 2015; Árni Hjartarson & Jón Kristinn Helgason, 2017). Í gryfjum Óskars og Guðrúnar (2013) fundust gjóskulög og lífrænar leifar sem notaðar voru til aldursgreiningar, sbr. töflu 2. Skriður A og B eiga upptök á svipuðum stað í Nautaklauf. Víð skál eða dæld í brúninni og upp af henni sýnir hvaðan líklegast er skriðurnar hafi fallið. Þótt upptök þeirra séu á svipuðum slóðum er útbreiðsla þeirra ekki eins, en báðar náðu í sjó fram. Samkvæmt aldursgreiningum hefur skriða A líklega fallið á fyrri hluta 8. aldar en ummerki um hana er að finna í fjórum gryfjum á láglendi (SG-22, SG-23, SG-24 og SG-29). Innri jaðar skriðunnar hefur teygst sig inn á svæði þar sem Garðarsvegur er í dag og ytri hluti hennar er rétt utan við Brekkuveg. Skriða B er um 100 árum eldri og hefur fallið á fyrri hluta 7. aldar, en ummerki um hana koma fram í þremur gryfjum (SG-22, SG-23 og SG-24). Hún er efnismeiri en skriða A. Innri jaðar hennar er á milli Suðurgötu og Skólavegar en ytri jaðarinn er skammt frá Fossgötu og miðað við efnismagn í neðstu gryfjunni hefur hún að öllum líkindum náð lengra en skriða A. Meginþungi skriðna A og B hefur verið að innanverðu miðað við efnismagn í gryfjum og lengd þeirra gæti hafa verið 800–1000 m. Eftir að B-skriðan hljóp hefur líklegast skapast óstöðugleiki í efnisfyllum í Nautaklauf, sem varð þess valdandi að skriða A féll á sama stað u.þ.b. einni öld síðar.

Skriða C féll fyrir um 4500 árum, skömmu fyrir Heklugosið H4, en ummerki um hana koma fram



Mynd 6. Forsögulegu stórsfriðurnar fjórar á Seyðisfirði, þykkt og útbreiðsla. Rannsóknargryfjur sem gáfu nýtsamar upplýsingar eru sýndar ásamt skriðuþykkt í hverri og einni (Árni Hjartarson og Jón Kristinn Helgason, 2017).

í þessum gryfjum á láglendi (SG-22, SG-23 og SG-24). Hún er töluvert efnismeiri en skriða A. Hún kom niður Botnahlíð skammt utan við Dagmálalæk á stað sem höfundar kalla Klauf, til

Tafla 2. Aldur stóru skriðnanna A, B, C og D sem fundist hafa merki um í könnunargryfjum í Seyðisfjarðarkaupstað, sjá staðsetningu á mynd 6.

Skriða	Óleiðréttur aldur BP	Leiðréttur aldur AD 1 σ	Leiðréttur aldur AD 2 σ
A	1286 $\pm$ 38	670–770	650–820
B	1386 $\pm$ 37	620–665	580–690
C	4500		
D	4500		

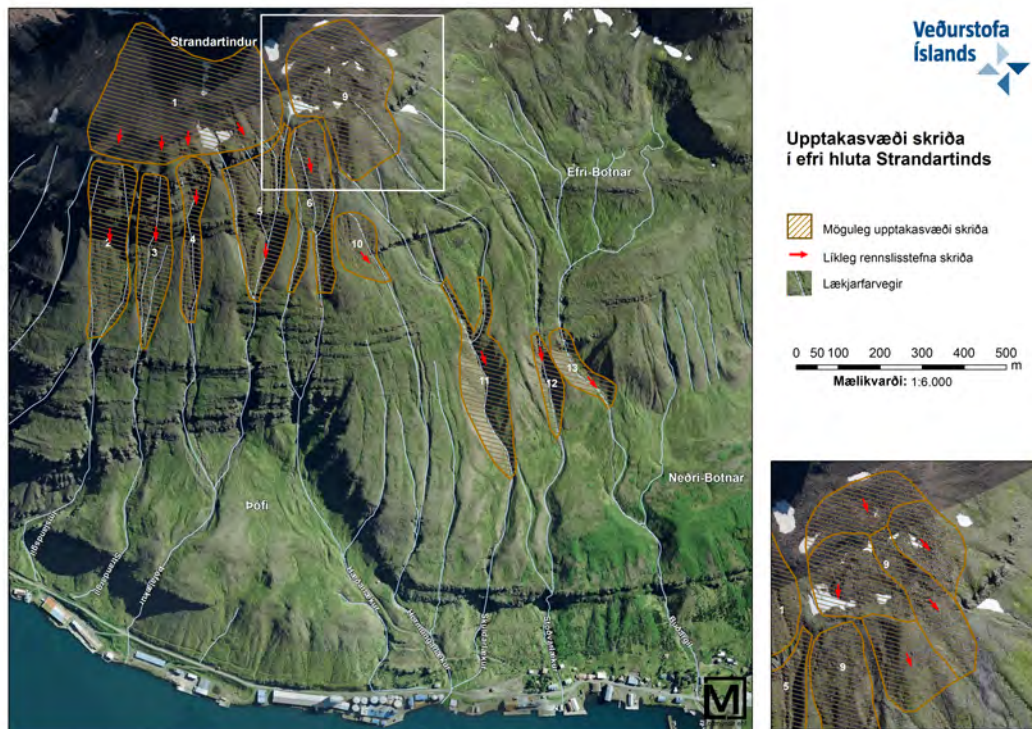
aðgreiningar frá Nautaklauf. Miðað við efnismagn í gryfjum hefur skriða þessi líklega hlaupið inn fyrir Dagmálalæk, yfir Fjarðará og skammt út fyrir Skólaveg þar sem hún hefur náð í sjó fram við núverandi áros Fjarðará. Upptakasvæði skriðunnar er ekki eins greinilegt og afmarkað og upptakasvæði A- og B- skriðnanna, enda er hún eldri og máðari. Það teygir sig frá Botna-brún og upp með Dagmálalæk en fer þó hvergi nærri honum. Allmikil mýrardrög, smálindir og dý eru í upptakasvæðinu. Afrennslið myndar læk sem fellur niður grýtta hlíðina og sameinast Dagmálalæk niðri í byggðinni. Þessi vatnsagi gæti hafa verið orsökinn fyrir skriðuhlaupinu.

Skriða D hefur átt upptök í farvegi Búðará og eflaust átt þátt í myndun farvegarins sem áin rennur um. Skriða þessi er ólík fyrrnefndum skriðum að því leyti að erfitt er að greina upptakasvæði en líklegustu upptök hennar eru í Neðri-Botnum. Þar hefur áin grafið allstórt gil í gegnum efnisfyllur og borið mikið magn af lausum efnum niður á láglendi. Meirihluti efnisins hefur vafalaust borist fram jafnt og þétt og í ótal litlum skriðum og byggt upp aurkeilu Búðará, eins og mörg dæmi eru um á síðustu áratugum, en einu sinni a.m.k. virðist sem mikil skriða hafi hlaupið niður farveginn. Ummerki um skriðuna koma fram í fimm gryfjum á láglendi (SG-23, SG-24, SG-30, SG-31 og SG-32). Jarðlög í gili Búðará á þessu svæði virðast tiltölulega stöðug nú en ástæða er til þess að fylgjast vel með þeim þegar skriðuhætta er talin vera á Seyðisfirði og kanna hvort einhverjar vísbendingar sjáist um óstöðugleika.

4.2 Jarðfræðileg ummerki skriðufalla utan við Búðará

Undir brún Strandartinds að norðanverðu, skammt utan við Ytri-Dagmálabotn er áberandi stallur í 700–800 m hæð sem þakinn er þykkri stórgrýttri basalturð, sjá upptakasvæði 9 á mynd 7. Stallurinn er um 280 m breiður og á móta langur. Flatarmál hans er á bilinu 5–6 hektarar. Urðin sker sig frá öðru efni í fjallinu þar sem hún er áberandi stórgrýtt, stöllótt og innan hennar leynast áhugaverð landslagsform. Urðin er unleg að sjá og lítinn sem engan jarðveg er að finna í henni og lítið er um fínefni á yfirborði. Stórir steinar eru víða illa skorðaðir og velta til þegar stigið er á þá. Smáar bergflísar og stærri steinar liggja víða ofan á stóru grjóthnullungunum eins og þeir hafi nýlega borist þangað með hrúni eða snjóflóðum. Þykkt urðarinnar er óljós en eitt af einkennum hennar eru óreglulegir stórgrýtishryggir. Í urðinni að utanverðu liggja hryggirnir þvert á hallann en í henni að innanverðu liggja hryggirnir samsíða hlíðinni og á milli þeirra eru misdjúpar og misbreiðar lægðir. Þeir mynda ekki reglubundið munstur eða svigður. Smálindir sjást utan í urðinni sem sýna að í henni er grunnvatnslinsa (Árni Hjartarson & Jón Kristinn Helgason, 2017).

Ummerki á yfirborði benda til þess að hreyfing sé á allri urðinni, mismikil þó frá einum stað til annars. Í henni innanverðri eru skörp skil á milli svæðis sem er á hreyfingu og svæðis sem liggur óhreyft. Þessi skil eru ekki jafn greinileg í utanverðri urðinni. Þegar rýnt er í loftmyndir af svæðinu sker urðin sig úr frá skriðunum umhverfis, hún er stórgrýttari, minna veðruð og



Mynd 7. Á myndinni eru teiknuð möguleg upptaksvæði skriðufalla í Strandartindi. Í neð-anverðu hægra horni eru teiknuð möguleg upptaksvæði skriðufalla úr þelaurðinni í 700–800 m hæð (Árni Hjartarson & Jón Kristinn Helgason, 2017).

ummerki hreyfingar sjást í jöðrum hennar. Ekki er ljóst hvað veldur hreyfingunni en líklegast er að um sé að ræða þelaurð á hreyfingu vegna bráðnunar og skriðs í þelalum eða jarðklakanum. Hreyfingin gæti þó einnig stafað af veikleika í berggrunni og höggun um sprungur og skriðula fleti í jarðlagastaflanum. Setlagasyrpa með auðrjúfanlegu seti, sem er í stallinum undir urðarbingnum, gæti valdið þessu. Skriflegar og munnlegar heimildir eru um skriðuföll í lækjum með upptök hátt í Strandartindi og algengt er að skriður falli samtímis í tvo farvegi eða fleiri í einu og sama veðrinu. Þetta má líklega rekja til óstöðugleika í urðinni (Árni Hjartarson & Jón Kristinn Helgason, 2017). Vettvangskonnnun leiddi í ljós að ummerki í urðarbingnum benda eindregið til þess að margar skriður hafi átt upptök þar. Af ummerkjunum að dæma virðast skriður úr urðinni geta fallið í alla farvegi frá Þófalæk til Stöðvarlækjar, sjá mynd 7.

Utan við þelaurðina í svipaðri hæð er brött skriðurunnin hlíð með litlum stöllum og lægðum og sitja oft snjófannir í þeim langt fram eftir sumri. Þetta svæði er í 660–820 m y.s. og er hátt í 400 m breitt. Hlíðin er stórgrýtt efst undir klettum en fínefnaríkari neðar, sem skýrist af tíðu grjóthruni úr toppi Strandartinds, sjá upptaksvæði 1 á mynd 7. Sé rýnt í jarðlagaskipan Strandartinds kemur í ljós að á hæðarbilinu 640–720 m y.s. má finna þrjár setlagasyrpur inn á milli þykkra basaltlaga (Ágúst Guðmundsson, 1992). Syrurnar eru ógreinilegar í hlíðinni, þar sem þær eru huldar lausu efni. Setlagasyrpur sem þessar má finna í jarðlagastaflanum beggja vegna Seyðisfjarðar og virðast þær hafa myndast á alllögum tíma því eitt til tvö hraunlög sjást víða inn á milli setlaganna (Leó Kristjánsson o.fl., 1995, Árni Hjartarson o.fl., 2000, Birgir V. Óskarsson & Martin Riishuss, 2013). Mæld hafa verið þversnið í gegnum syrurnar á tveimur öðrum stöðum, í Grýtukolli og í Bjólfi. Í heild eru þær um 70 m þykkar á þessum slóðum. Súr gjóska er áberandi



Mynd 8. Í 700–800 m hæð undir tindri Strandartinds er að finna stórgrýtta basalturð sem ummerki benda til að sé á hreyfingu. Ljósmynd: TJ.

í setinu. Uppruni hennar er óþekktur en hún gæti verið komin frá megineldstöð í Loðmundarfirði eða í víkunum þar fyrir norðan Í skriðusögu Seyðisfjarðar, sem er mikil og ýtarleg í samanburði við marga aðra staði á landinu, má rekja upptök fjölmargra skriðna til setlagasyrpanna, nú síðast sumarið 2017 þegar tvær skriður féllu úr Strandartindi og fylgdu farvegum í Imslandsgili og Þófalæk. Þá gafst gott tækifæri til þess að kanna betur upptakasvæði skriðnanna. Í vettvangsferð kom í ljós að skriðurnar höfðu fallið úr einu setlaganna sem var um 25–30 m þykkt á þessum stað og sundurleitt að innri gerð, sjá mynd 9. Lagið var auðrjúfanlegt og víðast hulið skriðum og lausu efni utan við upptakasvæðið. Það var samsett úr gjósku (misgrófum vikurlögum, túffi og flikrubergi), vatnaseti og ummynduðu veðrunarseti. Víðsvegar um lagið mátti sjá linsur úr fínkorna, hálldrullu sem auðvelt er að ímynda sér að geti verkað sem smurning í skriðulu lagi. Af þessu að dæma virðist setlagasyrpan spila veigameira hlutverk í myndun skriðna efst í Strandartindi, Bjólfinum og Grýtukolli en áður var talið.

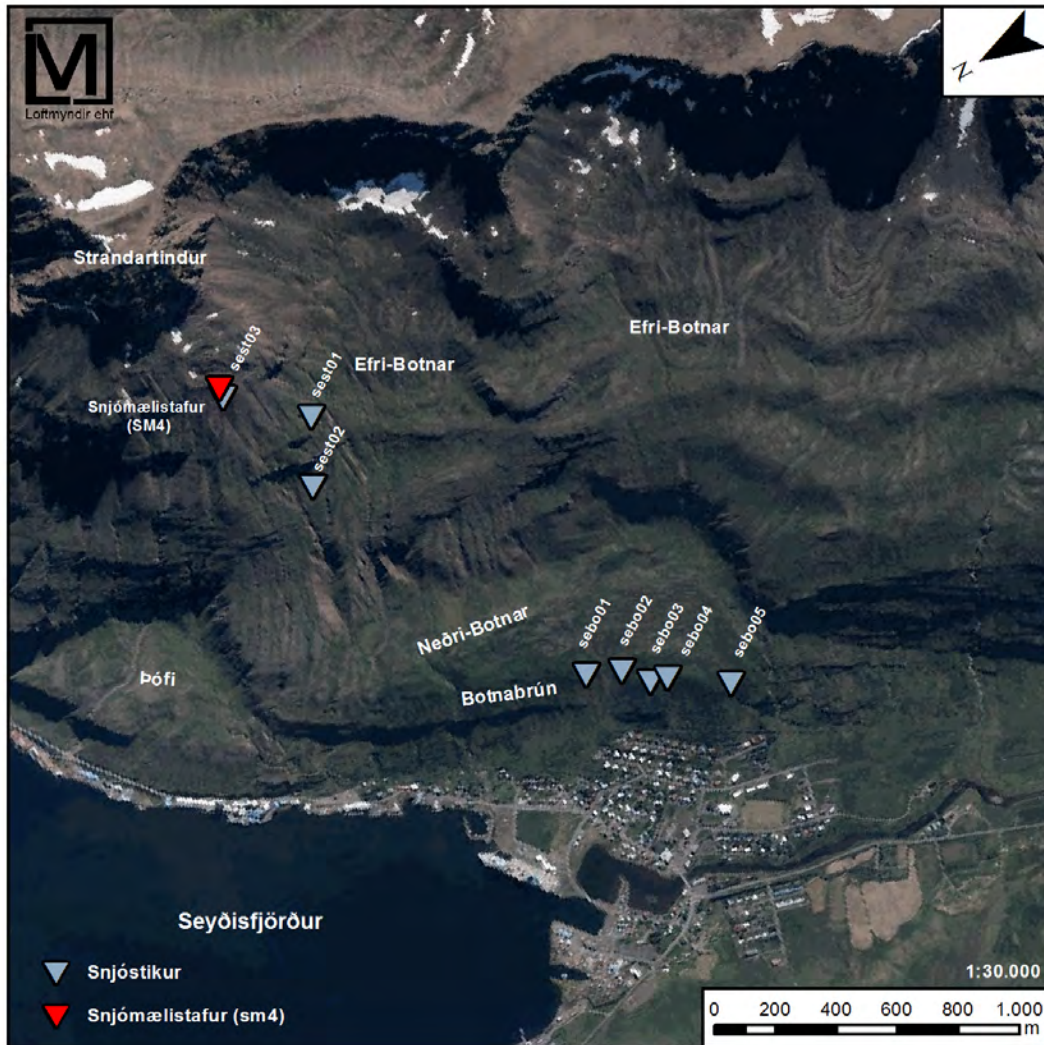
Ummerki á yfirborði innri hluta Þófans, innan við Þófalæk, benda til þess að þar gætu allmiklar fyllur hafa hlaupið í sjó fram, einkum við Hæðarlæk. Þófinn er lægri að innanverðu en utanverðu og er hugsanlegt að hluti af upphaflegri setfyllu hafi hlaupið fram en því til stuðnings er mikið magn lausra efna neðan við brún Þófans að innanverðu sem ekki er að finna við utanverðan hjallann. Gögn úr fjölgeislamælingu Sjómælinga Íslands sýna einnig að mikið efni hefur borist til sjávar og myndað skriðukeilu á hafsbotni fram undan ós Hæðarlækjar, sjá mynd 10. Skriðukeilan teygir sig um 250 m út frá ströndinni og niður á allt að 40 m dýpi en ekki er unnt að greina hvort hún hefur hlaðist upp í fáum stórum eða mörgum smærri skriðum (Árni Hjartarson, 2015).



Mynd 9. Hluti upptakasvæðisins í Strandartindi eftir skriðu sumarið 2017. Í upptakasvæðinu sést setlagasyrpa, ljósgul á lit, sem er orsakavaldur margra skriðufalla í Strandartindi. Ljósmynd: JKH.



Mynd 10. Loftmynd sem sýnir útbreiðslu skriðufalla neðansjávar í Seyðisfirði. Dýptarlínur sem sjást á myndinni eru 10, 20, 30, 40 og 50 m. Á myndinni sést m.a. hvar skriður úr Stöðvarlæk og Hörmungar-/Hæðarlæk hafa náð langt út í sjó (Árni Hjartarson, 2015).

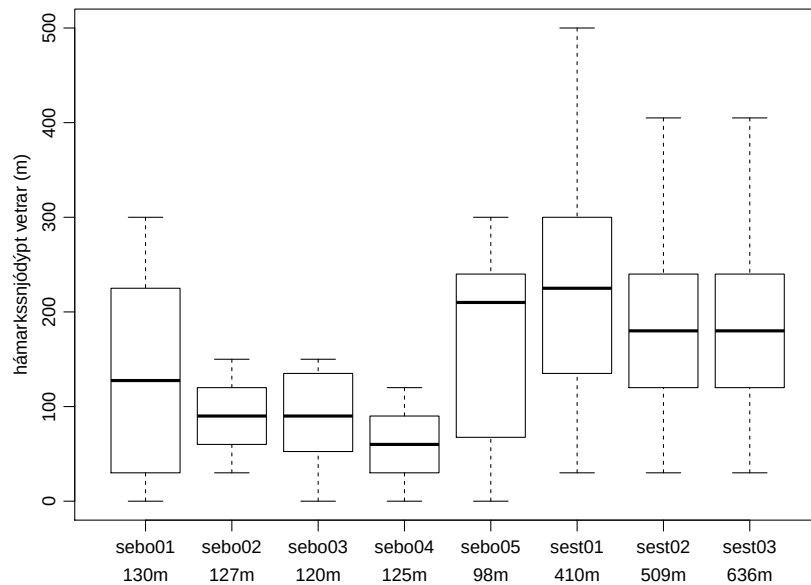


Mynd 11. Stikur sem notaðar hafa verið til snjódýptarmælinga í Strandartindi frá 1998 og í hlíðinni neðan Neðri-Botna frá 2002.

5 Snjódýpt á upptakasvæðum

Snjódýpt hefur verið mæld á þremur stikum í Strandartindi síðan 1998 (síðan 2001 á einni stikunni) og á fimm stikum í hlíðinni neðan Neðri-Botna síðan 2002, sjá mynd 11.

Hámarkssnjódýpt hvers vetrar er sýnd á mynd 12. Sjá má að minni snjór mælist á stikunum í Botnahlíð í flestum árum en í Strandartindi en þó er ein stika þar með svipað miðgildi snjódýptar og stikurnar í Strandartindi. Mesta snjódýptin þegar litið er til alls tímabilsins mælist greinilega í Strandartindi eins og við er að búast enda standa stikurnar miklu hærra þar. Mesta snjódýpt á tveimur stikum af fimm í Botnahlíð er um 300 cm en 100–150 cm á hinum þremur. Mesta snjódýpt á stikunum þremur í Strandartindi er 400–500 cm. Ljóst er að töluverðan snjó setur niður í Botnahlíðina í sumum árum þó snjódýpt þar sé talsvert minni en ofarlega í Strandartindi. Snjódýpt á báðum þessum svæðum er miklu minni en á helstu upptakasvæðum snjóflóða í Bjólfi handan fjarðarins. Í norðaustanverðum Kálfabotni mældist t.d. um eða yfir 7 m lóðrétt snjódýpt þann 12. maí 1999 með kortagerð út frá flugljósmyndun (Magnús Már Magnússon, 2000) og

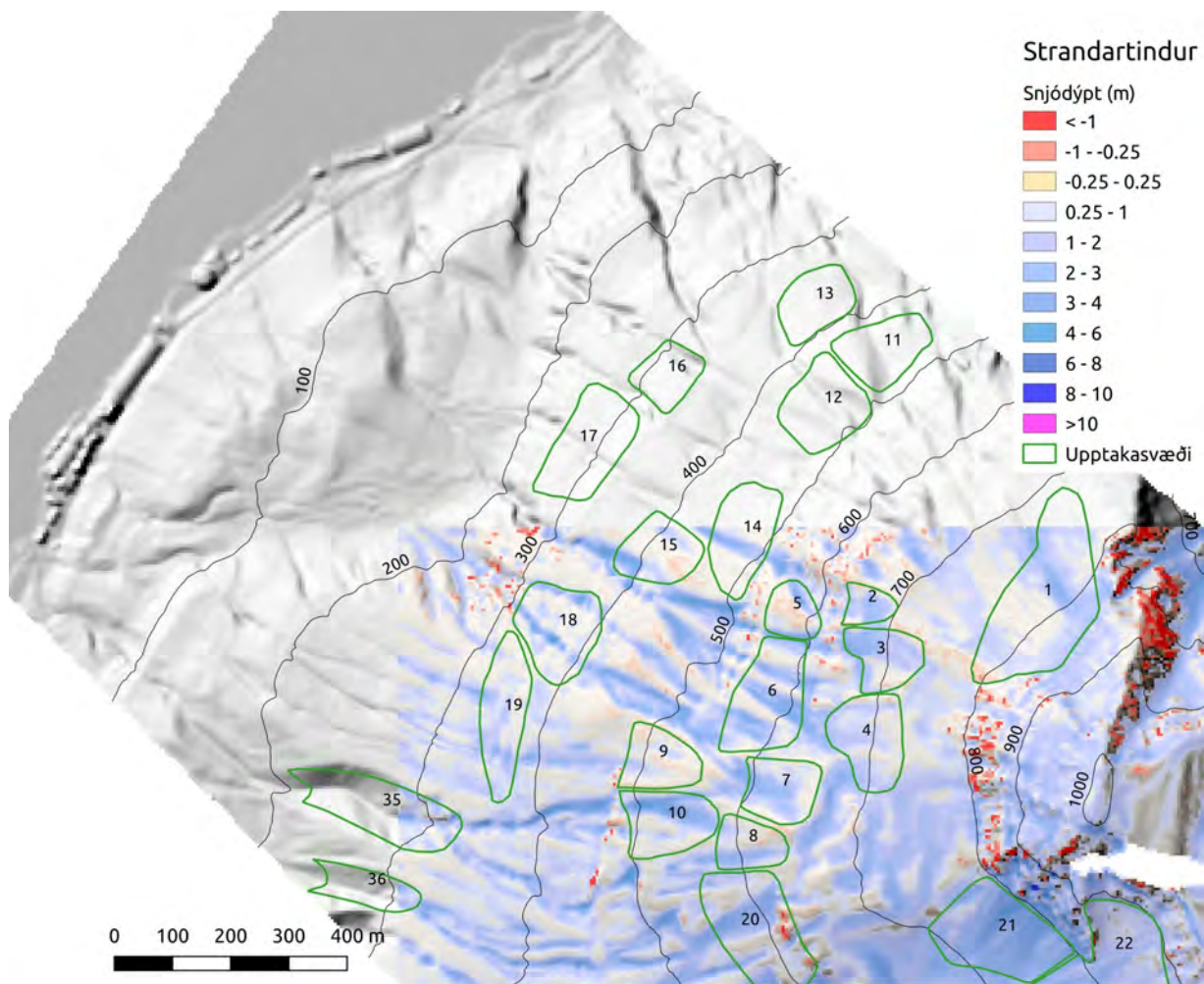


Mynd 12. Hámarkssnjódýpt hvers vetrar skv. mælingum á stikum í Strandartindi frá 1998 (síðan 2001 á stiku sest03) og í hlíðinni neðan Neðri-Botna frá 2002. Miðgildi mælinganna eru sýnd með breiðum línum, helmingur gildanna fellur innan kassanna og slitnu strikin með þverlínu efst og neðst sýna minnstu og mestu snjódýpt. Hæð stikanna yfir sjó er sýnd neðan við nafn viðkomandi stiku neðst á myndinni.

náði hámarkssnjódýpt vetrarins væntanlega um 8 m þann vetur (Tómas Jóhannesson, 2001). Talið er að aftakasnjódýpt í Kálfabotni með ca. 100 ára endurkomutíma kunni að vera um eða yfir 10 m (!) (SLF, 2001).

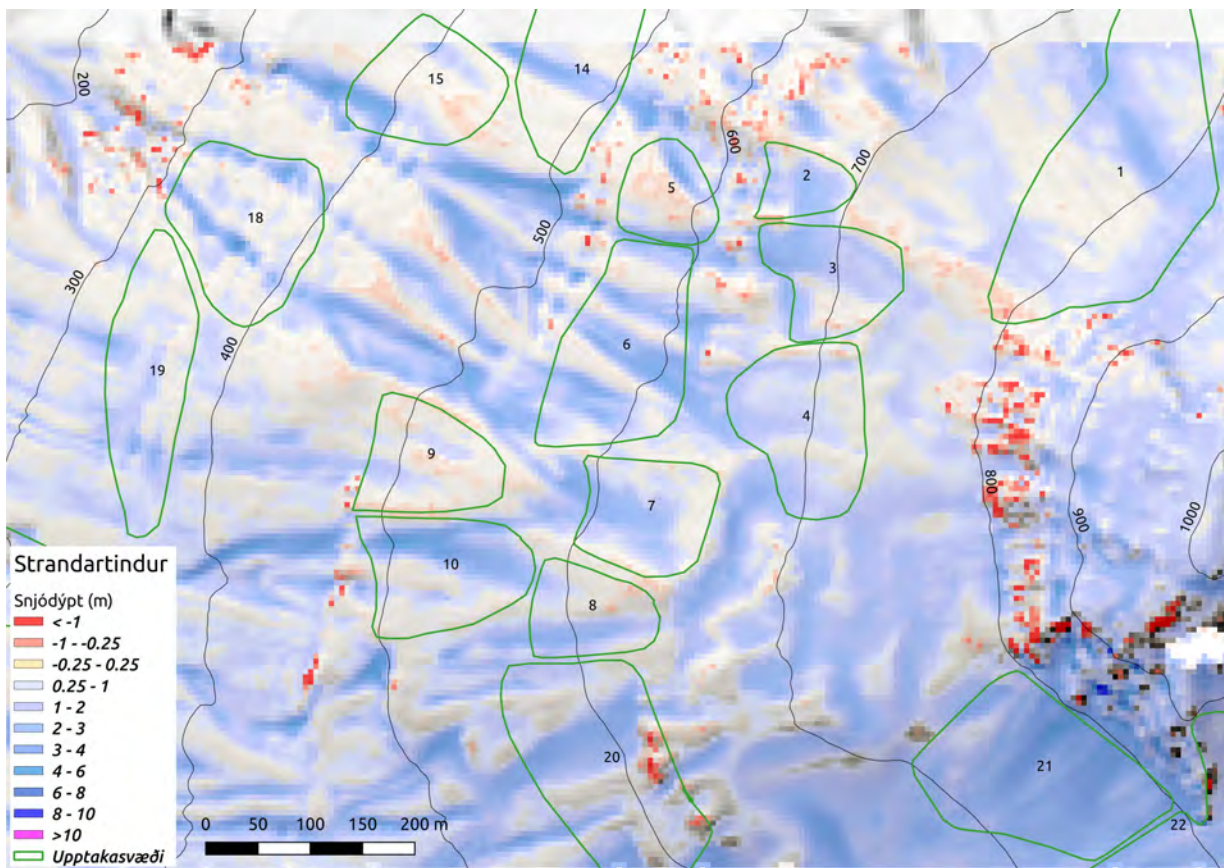
Snjódýpt í Strandartindi var kortlögð með flugleysimælingu þann 5. maí 2008 og snjólaus hlíðin var síðan kortlögð þann 21. júlí 2011, einnig með flugleysimælingu. Báðar mælingarnar voru notaðar til þess að útbúa 5x5 m landlíkön sem talin eru nákvæm upp á <0.5 m. Snjódýpt í hlíðinni var reiknuð með því að draga landlíkanið frá 2011 frá fyrra líkaninu sem mælt var vorið 2008 þegar snjór þakti hluta hlíðarinnar, sjá myndir 13 og 14). Snjódýptarmælingar á stikunum í Strandartindi vorið 2008 benda til þess að snjórinn hafi lækkað um ca. 1.5 m frá hámarki vetrarins þegar leysimælingin var gerð þ. 5. maí. Snjódýptarkortið sýnir vel hversu mikla tilhneigingu snjórinn hefur til þess að safnast í gil og skorninga hlíðarinnar og hreinsast af hryggjum og landi sem liggur hátt miðað við umhverfið. Leysimælingarnar virðist nokkuð nákvæmar vegna þess að hryggir sem vitað er að voru snjólausir þ. 5. maí eru víðast sýndir með snjódýpt á bilinu -0.25 til 0.25 m, sjá mynd 14. Kortin sýna nokkra staði með snjódýpt undir -1 m sem stafar af villum í landlíkönunum, og kemur það einkum fyrir í bröttum klettum þar sem gera má ráð fyrir mestri óvissu í landlíkönunum.

Mesta snjódýpt mældist rúmlega 5 m og hún er víða um og yfir 3 m í giljunum. Hún hefur því væntanlega náð mest um 6–7 m fyrr um veturinn, og víða í giljum 4–5 m. Snjódýpt veturinn 2007/2008 var ekki fjarri meðallagi síðan mælingar á snjódýpt í hlíðum við Seyðisfjörð hófust 1998. Leysimælingarnar vorið 2008 og stikumælingarnar sem lýst er hér að framan sýna því að snjódýpt getur orðið >5 m á helstu hugsanlegu upptakasvæðum í Strandartindi sem er sterk



Mynd 13. Snjódýpt í Strandartindi mæld með flugleysimælingu þ. 5. maí 2008. Viðmið-unarlandlíkan af snjólausri hlíðinni var mælt þ. 21. júlí 2011. Yfirlitskort sem sýnir alla hlíðina.

vísbending um að allstór snjóflóð geta fallið úr þessum upptakasvæðum þó aðstæður þar verði sjaldan eða aldrei sambærilegar við meginupptakasvæðin í Bjólfi handan fjarðarins.



Mynd 14. Snjódýpt í Strandartindi mæld með flugleysimælingu þ. 5. maí 2008. Kortið sýnir snjódýpt í helstu upptakasvæðum snjóflóða ofan ca. 400 m y.s.

6 Tvívíðir líkanreikningar á snjóflóðum

SAMOS snjóflóðalíkanreikningar sem notaðir voru við fyrra hættumat fyrir sunnanverðan Seyðisfjörð (Tómas Jóhannesson o.fl., 2002) voru unnir af austurríska fyrirtækinu AVL árið 2001 með útgáfu SAMOS líkansins sem lýst er af Sampl og Zwinger (1999, 2004) og Zwinger o.fl. (2003). Þeir voru gerðir á 10x10 m landlíkani byggðu á flugmyndum Loftmynda ehf. frá 1999. Landlíkanið var jafnað með hlaupandi meðaltali í lárétu plani til þess að útbúa reikninet án skarpra gilja eða krappa fyrirstaðna vegna þess að ekki var talið að líkanið gæti hermt flæði snjóflóðs í slíku landslagi. Í þessu fólst mikil útjöfnun á hinu gilskorna landslagi í Strandartindi.

Á Veðurstofunni er nú notuð nýrri útgáfa af SAMOS líkaninu frá 2015 sem nefnist SamosAT og er með endurbættum forsendum um flæði snjóflóða frá fyrri útgáfu og ýmsum öðrum breytingum. SAMOS líkanið hefur verið kvarðað sérstaklega fyrir íslensk snjóflóð (Eiríkur Gíslason & Tómas Jóhannesson, 2007). Við reikningana var nú notað 5x5 m landlíkan sem samsett er úr Lidar leysimælingu sem gerð var haustið 2016 og inn í það skeytt gögnum úr líkaninu frá 1999 fyrir byggðina við ströndina og svæðið innan Dagmálalækjar. Þetta líkan sýnir landslag í Strandartindi í miklum smáatriðum og gefur kost á nákvæmari líkanreikningum á flæði snjóflóða um gilskorna hlíðina en fyrri reikningar, m.a. til þess að meta hvaða svæði á láglendi kunna að vera í skjóli vegna tilhneigingar snjóflóða til þess sveigja fram hjá fyrirstöðum í landslagi og hvaða svæði eru í sérstaklega mikilli hættu vegna þess að streymi snjóflóðanna beinist að þeim.

Í nýjustu útgáfu SamosAT líkansins hefur eðlisfræðileg lýsing á flæði snjóflóða verið endurbætt með nýjum þáttum sem breyta því hvernig viðnám er háð hraða flóðsins og hvernig flóðið breiðir úr sér skömmu áður en það stöðvast

$$\tau^{(b)} = \tau_0 + \mu \left(1 + \frac{R_{s0}}{R_s + R_s}\right) p^{(b)} + \frac{\rho u^2}{(1/K_D) \log(h/R_D) + B_D} . \quad (1)$$

Skýringar á jöfnunni er að finna í Sampl og Granig (2009). Þessir nýju liðir voru teknir inn í svokallaða kvörðun líkansins fyrir mismunandi stærð flóða eða rennslisstig (sjá Kristján Jónsson o.fl., 1999) á Veðurstofunni haustið 2016 og metnir stuðlar sem samsvara rennslisstigum á bilinu 10 til 20 þannig að unnt væri að bera niðurstöður nýju líkanútgáfunnar saman við fyrri niðurstöður. Rennslisstig eru mælikvarði á skriðlengd snjóflóða sem samsvara skriðlengd í stöðluðum farvegi í hundruðum metra þannig að snjóflóð með rennslisstig 14 nær 1400 m skriðlengd frá upptökum í staðlaða farveginum (Sven Sigurðsson o.fl., 1998).

Stuðlar líkansins sem eru breytilegir fyrir mismunandi rennslisstig eru viðnámsstuðullinn, $\mu = \tan \delta$, og snjódypt þvert á land, d , á upptakasvæðum í upphafi keyrslu. Aðrir stuðlar sem notaðir voru við keyrslurnar sem hér er lýst eru þeir sömu og ákvarðaðir hafa verið fyrir keyrslu líkansins í Austurríki (Sampl, 2007; Sampl & Granig, 2009) og koma fram í töflu 3.

Niðurstöðum SamosAT snjóflóðalíkanreikninganna fyrir hlíðina sunnan Seyðisfjarðar er nánar lýst í undirkafla 7.1 í kafla 7 um hættumat.

Tafla 3. Fastir stuðlar SamosAT líkansins, sjá jöfnu (1). Skýringar á stuðlunum og skilgreining hinna mismunandi stærða í viðnámsformúlunni (1) er að finna í Sampl og Granig (2009).

Stuðull	Gildi	Eining
ρ	300	kg/m^3
τ_0	0	Pa
R_{s0}	0.22	1
K_D	0.43	1
R_D	0.05	m
B_D	4.13	1

Tafla 4. Breytilegir stuðlar SamosAT líkansins, sjá jöfnu (1), skv. kvörðun sem gerð var haustið 2016.

Rennslisstig	μ	d (m)
10	0.250	0.290
11	0.438	0.270
12	0.667	0.240
13	0.938	0.195
14	1.250	0.170
15	1.604	0.135
16	2.000	0.092
17	2.438	0.088
18	2.917	0.080
19	3.438	0.080
20	4.000	0.081

7 Hættumat

Við hættumatið er litið til ofanflóðahættu á svæði sem afmarkað er á korti 1. Til ofanflóða teljast snjóflóð, skriðuföll, grjóthrun og krapa- og aurbönduð vatnsflóð í bröttum farvegum. Aðstæður sem skapa hættu og aðferðir við hættumat eru mismunandi fyrir snjóflóð og skriðuföll og er umfjölluninni því skipt í sérstaka undirkafla fyrir þessar tegundir ofanflóða. Hætta af völdum snjóflóða er tekin fyrir í kafla 7.1 um snjóflóð, hætta af völdum krapa- og aurbönduðra vatnsflóða í bröttum farvegum í kafla 7.2 en hætta af völdum grjóthruns og skriðna í kafla 7.3 um skriðuföll. Í umfjölluninni sem hér fer á eftir er hættumetna svæðinu skipt í fjóra hluta þar sem aðstæður eru innbyrðis sambærilegar. Í köflunum hverjum um sig er því fjallað sérstaklega um eftirtalin svæði:

- Þófinn og hlíðin ofan hans,
- Svæðið milli Hæðarlækjar og Búðarár,
- Botnabrún innan Búðarár og að Dagmálalæk,
- Svæðið innan Dagmálalækjar.

7.1 Snjóflóð

Eins og fjallað er um í kaflanum hér á undan um tvívíða líkanreikninga voru unnir líkanreikningar á snjóflóðum með nýrri útgáfu snjóflóðalíkansins SamosAT í tengslum við endurskoðun hættumatsins frá 2002 fyrir sunnanverðan Seyðisfjörð. Jafnframt voru upptakasvæði snjóflóða, sem afmörkuð voru í hættumatinu frá 2002, yfirfarin og endurskoðuð. Í stað færri og stærri svæða voru nú dregin smærri og mun fleiri upptakasvæði og sérstaklega var bætt við mögulegum upptakasvæðum neðar í Strandartindi (sjá töflur 5, 7, 8, 9, 10 og 11). Auk þess voru teiknaðar 15 nýjar brautir og einvíðir líkanreikningar gerðir með α/β -líkani. Niðurstöðurnar eru sýndar á kortum 4 og 5 og einnig á langsniðum brauta, sjá viðauka II og III. Tvívíðu líkanreikningunum er lýst almennt í kafla 6 og niðurstöðurnar eru ræddar nánar og túlkaðar í undirköflum fyrir hvert svæði hér að neðan. Aðferðum sem beitt er við reikningana er nánar lýst í viðauka I.

Helstu niðurstöður líkanreikninga eru eftirfarandi.

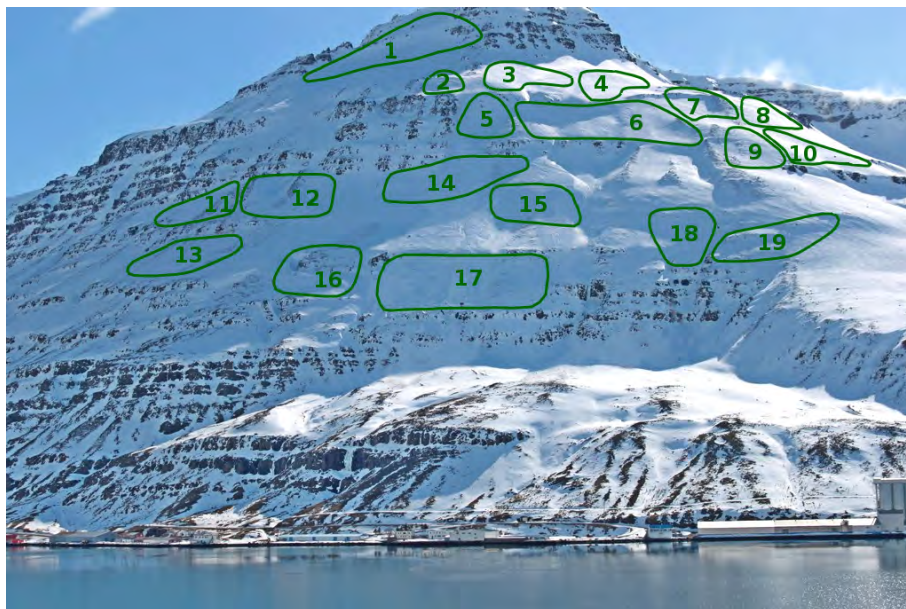
- Einvíðir líkanreikningar hafa tilhneigingu til þess að ofmeta skriðlengd snjóflóða úr litlum upptakasvæðum eins og víða hafa verið afmörkuð í Strandartindi, sérstaklega fyrir stór flóð sem breiða mikið úr sér í tvívíðum reikningum. Munað getur allt að þremur rennislisstigum á skriðlengd flóða í einvíðu og tvívíðu líkani fyrir hæstu rennislisstigin.
- Undir Strandartindi sýna tvívíðir líkanreikningar að flóð hafa tilhneigingu til að halda sig við farvegi og breiða einungis úr sér er þeir opnast í hlíðarfæti. Aðeins stærstu snjóflóð úr nokkrum upptakasvæðum ofan við miðjan Þófa breiða úr sér á flatanum og ná niður á jafnsléttu á svæðinu milli Þófalækjar og Hæðarlækjar.
- Líkanreikningarnir og mat á tíðni snjóflóða benda til þess að upptakasvæðin í Dagmálabotnum séu ólíkleg til þess að skapa hættu fyrir byggðina því mjög stór flóð þarf til þess að þau nái niður á láglandi. Líkanreikningarnir sýna þó, eins og SAMOS reikningar sem fram fóru í tengslum við fyrra mat 2002, að mjög stór flóð geta náð fram úr botnunum og jafnvel

fram af Botnabrún. Til þess þarf aftakaaðstæður sem taldar eru ólíklegar vegna viðhorfs upptakasvæðanna og snjóflóðasögu. Sama gildir um upptakasvæði upp af Neðri-Botnum.

- Helsta hættan fyrir byggðina innan Búðarár eru upptakasvæðin í Botnahlíð, rétt undir Botnabrún. Þetta eru lítil upptakasvæði og ólíkleg til að safna miklum snjó. Mælingar á snjódýpt, sem fjallað var um í kafla 5, sýna þó að snjódýpt í lægðum, t.d. í Nautaklauf og Klauf, getur orðið veruleg í miklum snjóavetrum.

Þessar niðurstöður eru að mestu sambærilegar við fyrri líkanreikninga frá 2002. Eini umtalsverði munurinn snýr að svæðinu undir innanverðum Þófa milli Þófalækjar og Hæðarlækjar. Þar sýna nýju reikningarnir að einungis mjög stór snjóflóð ná fram af brún Þófans en minni flóð fylgja farvegum utan og innan við. Engin dæmi eru um svo stór flóð og þau eru væntanlega afar fátíð því mikla snjósöfnun þarf til þess að þau fari af stað.

7.1.1 Strandartindur og Þófi



Mynd 15. Upptakasvæði snjóflóða í hlíðum Strandartinds. Ljósmynd: Emil Tómasson.

Upptakasvæði og fallbrautir

Í Strandartindi eru teiknuð 19 upptakasvæði sem þekja hlíðina að stórum hluta frá 250 m y.s. til 850 m y.s. Svæðin eru sýnd á mynd 15. Upptakasvæðin í Strandartindi teljast fæst til „dæmigerðra“ upptakasvæða snjóflóða. Hættulegustu upptakasvæðin eru gjarnan skálar eða hvíltir efst í fjöllum, sem geta safnað í sig gríðarlegu magni af snjó, sérstaklega þegar aðsópssvæði ofan við er stórt og mikill snjór getur borist með skafrenningi og sest til á upptakasvæðinu. Dæmi um þetta er Skollahvílt ofan við Flateyri og Drangagil ofan Neskaupstaðar. Þótt megnið af hlíð Strandartinds nái upptakahalla snjóflóða er engar slíkar áberandi skálar þar að finna. Flest eru upptakasvæðin með litlum bollum eða giljum og á milli þeirra hryggir eða klettur sem brjóta svæðin upp. Við það bætist að algengast vindáttin í snjókomu er úr geiranum frá N–A, en þá sest mun minni snjór í hlíðar sem vísa mót norðri eins og í Strandartindi og helst að snjór flytjist í upptakasvæðin með skafrenningi meðfram fjallinu. Þetta gerir það að verkum að snjódýpt er

jafnan töluvert minni í upptakasvæðunum í Strandartindi en t.d. í Bjólfinum, eins og fjallað var um í kafla 5 um snjódýptarmælingar. Þetta kemur vel fram í snjóflóðasögunni, sjá kafla 3.1, fáar heimildir eru um stór snjóflóð í sunnanverðum bænum þótt byggð hafi verið með ströndinni frá lokum 19. aldar. Úr upptakasvæðum í Bjólfi hafa hins vegar fallið mjög stór flóð á sama tímabili sem náð hafa langt inn í byggðina og valdið gríðarlegri eyðileggingu.

Upptakasvæði 1 er í norðvesturhlíð tindsins og spannar hæðarbilið 720–850 m y.s. Það er að mestu hlið skriðu en efst standa klettur upp úr. Landhalli er um 28° neðst á svæðinu en eykst eftir því sem ofar dregur og nær 40–45° efst. Meðalhallinn reiknast 32°.

Upptakasvæði 2, 3 og 4 eru á stallinum neðan tindsins á hæðarbilinu 650–740 m y.s. og vísa rétt norðan við vestur. Þau hafa meðalhalla á bilinu 32–34°. Hlíðin er skriðurunninn og lítið um gróður, klettahrafl skagar upp úr á stöku stað og svæðin eru skorin grunnum farvegum. Upptakasvæði 3 er í lítilli skál og safnar að öllum líkindum ívið meiri snjó en hin tvö. Flóð úr svæði 2 falla í Strandargil og austurgil Þófalækjar. Flóð úr svæði 3 falla í bæði gil Þófalækjar og eftir svæðinu á milli þeirra. Flóð úr svæði 4 falla eftir hlíðinni á milli vesturgils Þófalækjar og Hörmungarlækjar.

Upptakasvæði 5 og 6 eru í lítt gróinni skriðu á milli tveggja klettabelta á hæðarbilinu 555–615 m y.s. Þau hafa meðalhalla 34 og 31° og vísa í VNV. Upptakasvæði 5 er á milli austur- og vesturgils Þófalækjar. Þar sem mestur hluti svæðisins er kúptur er ekki líklegt að þar verði umtalsverð snjósöfnun. Svæði 6 nær yfir marga grunna farvegi sem sameinast annars vegar í vesturgil Þófalækjar og hins vegar í Hæðarlæk. Snjór getur sest til í farvegnum og er þetta því líklegra upptakasvæði en svæði 5. Flóð úr upptakasvæði 5 renna niður í og eftir hlíðinni á milli Strandargils, Þófalækjar og Hæðarlækjar. Flóð úr upptakasvæði 6 renna niður vesturgil Þófalækjar, Hæðarlæk og hlíðina þar á milli og niður á Þófann.

Upptakasvæði 7–10 liggja neðan urðarbingsins sem fjallað er um í kafla 4.2 og vísa til vesturs. Meðalhalli þeirra er 30–33°. Upptakasvæði 7 og 8 liggja í brattanum neðan urðarbingsins á hæðarbilinu 580–670 m y.s. Gróft skriðuefni sem á uppruna sinn í bingnum þekur svæðin og minniháttar lægðir og farvegir liggja um þau. Upptakasvæði 9 og 10 eru neðan við svæði 7 og 8 á hæðarbilinu 480–580 m y.s. Þar er minna um gróft skriðuefni, meiri gróður og grunnir vatnsfarvegir skera hlíðina. Neðan svæðanna tekur við lágt klettabelti. Svæði 7 og 10 eru í smágerðum lægðum og líklegri til að safna meiri snjó. Hlíðin neðan svæðanna er fremur jafnhalla og einsleit, gróin skriða með minniháttar klettahrafl í 340–380 m y.s. Upptök Hörmungarlækjar eru á svæði 9 og upptök Skuldarlækjar á svæði 10. Farvegur Skuldarlækjar er mjög afgerandi og stýrir flóðum sem í hann falla. Hörmungarlækur er grynri og hefur minni áhrif á flæði stórra flóða. Úr upptakasvæðum 7 og 9 falla flóð niður jafnhalla hlíðina og geta breitt vel úr sér. Þegar neðar dregur stýra Hæðarlækur og Hörmungarlækur tungum niður á innsta hluta Þófans og niður af honum að byggðinni. Hluti flóða getur runnið í Skuldarlæk. Úr upptakasvæðum 8 og 10 falla flóð í Skuldar- og Stöðvarlæki en smátungur geta flætt í Hörmungarlæk.

Upptakasvæði 11, 12 og 13 eru ystu afmörkuðu upptakasvæðin. Svæði 11 og 12 liggja á hæðarbilinu 420–500 m y.s. og vísa frá vestri til vestnorðvesturs en svæði 13 er á hæðarbilinu 340–400 m y.s. og vísar mót norðvestri. Svæðin liggja í grófum skriðum milli áberandi klettabelta og þau skera nokkrir farvegir, sem þó eru ekki mjög afgerandi. Fallbrautin er fremur opin og flóð úr svæðunum renna niður klettótta hlíðina, að mestu án þess að greinast í ákveðna farvegi. Hluti flóða úr svæði 12 getur þó runnið niður Imslandsgil.

Upptakasvæði 14 liggur neðan áberandi klettabeltis í lítt gróinni skriðu og þekur hæðarbilið frá 440–520 m y.s. Meðalhalli svæðisins er 33° og það vísar í norðvestur. Í gegnum mitt svæðið liggur austurgil Þófalækjar og í gegnum það austast liggja nokkrir grunnir farvegir sem neðar sameinast í Strandargili. Flóð úr upptakasvæði 14 breiða úr sér yfir hlíðina en þegar kemur niður á Þófann greinast þau í farvegi Imslandsgils, Strandargils og Þófalækjar, mismikið eftir stærð flóða. Upptakasvæði 15 liggur neðan og aðeins vestan við upptakasvæði 14, á hæðarbilinu 380–460 m y.s., á milli austur og vesturgilja Þófalækjar. Svæðið er að mestu þakið skriðu og lítt gróið og í vængjum þess gægjast klettabelti upp úr skriðunni. Meðalhallinn er 34° og viðhorfið er aðeins vestan við norðvestur. Flóð úr upptakasvæði 15 renna niður hlíðina án mikilla áhrifa frá farvegi Þófalækjar nema allra neðst.

Upptakasvæði 16 liggur neðarlega í hlíðinni á milli Imslandsgils og Strandargils. Imslandsgil liggur um svæðið austast. Meðalhalli þess er 35° og viðhorfið er til VNV. Svæðið er að mestu ógróið og mikið um klettahrafl. Flóð úr upptakasvæði 16 renna niður hlíðina í og á milli Imslandsgils og Strandargils. Upptakasvæði 17 er vestan við og örlítið neðar en upptakasvæði 16, á hæðarbilinu 260–330 m y.s. Meðalhallinn er 35° og viðhorfið er til VNV. Efst á svæðinu er klettabelti en neðar er misgróin skriða og klettahrafl sem stendur upp úr, sérstaklega vestast. Í gegnum mitt svæðið liggur austurgil Þófalækjar. Neðan svæðisins taka við klettur og neðan þeirra er flatinn í Þófanum. Flóð úr upptakasvæði 17 renna án mikilla áhrifa af farvegum frá Strandargili inn fyrir Þófalæk.

Upptakasvæði 18 og 19 liggja í kverkinni ofan við vestanverðan Þófa. Upptakasvæði 18 er í grunnri skál í farvegi Hæðarlækjar á hæðarbilinu 310–410 m y.s. Svæðið er alsett klettahrafli og tveir farvegir liggja í gegnum það, sem sameinast í Hæðarlæk. Meðalhallinn er 34° og viðhorfið VNV. Flóð úr svæðinu falla niður á Þófann, eftir honum innanverðum og ef þau eru nægilega stór þá ná þau fram af brúninni. Upptakasvæði 19 er á hæðarbilinu 320–380 m y.s. Engir áberandi farvegir liggja um svæðið en upp úr skriðurunninni hlíðinni standa a.m.k. 3 klettabelti. Meðalhallinn er 34° og viðhorfið til VNV. Þar sem að svæðið er nokkuð breitt falla flóð í farvegi Skuldarlækjar, Hörmungarlækjar og Hæðarlækjar og niður minni farvegi þar utan við, allt að klettabeltinu við miðjan Þófann ef flóðin eru mjög stór.

Neðan við upptakasvæði 6 niður að upptakasvæði 18 eru fjögur gil þar sem snjór safnast fyrir og getur snjódýptin orðið þónokkur, sjá mynd 14. Landhallinn nær þó tæplega upptakahalla snjóflóða og þess vegna eru ekki teiknuð upptakasvæði þar. Ef snjóflóð fara af stað úr upptakasvæðum ofan við geta þau hins vegar hrifið með sér snjó úr þessum giljum og flóðin stækkað.

Úthlaupssvæði

Varla er hægt að tala um eiginleg úthlaupssvæði undir Strandartindi. Þófinn er úthlaupssvæði minni flóða úr sumum upptakasvæðum, en flóð sem ná lengra fylgja farvegum niður að ströndinni. Byggðin við ströndina er í brekkurótunum og flóð ná ekki nema að litlu leyti að breiða úr sér áður en þau falla í sjó fram.

Líkanreikningar

Fyrirliggjandi eru teiknaðar brautir og einvíðir líkanreikningar fyrir flesta farvegi frá því að fyrra hættumat var gert árið 2002. Teiknaðar voru tvær nýjar brautir úr upptakasvæðum 18 og 19 ofan Þófans. Ennfremur voru gerðir tvívíðir líkanreikningar með SamosAT og eru niðurstöður þeirra sýndar á myndum 17–21. Líkanreikningarnir sýna að flóð úr Strandartindi hafa sterka tilhneigingu til þess að renna í farvegum þegar neðar dregur í hlíðinni. Þannig koma þau niður

Tafla 5. Tölulegar upplýsingar um upptakasvæði snjóflóða í hlíðum Strandartinds.

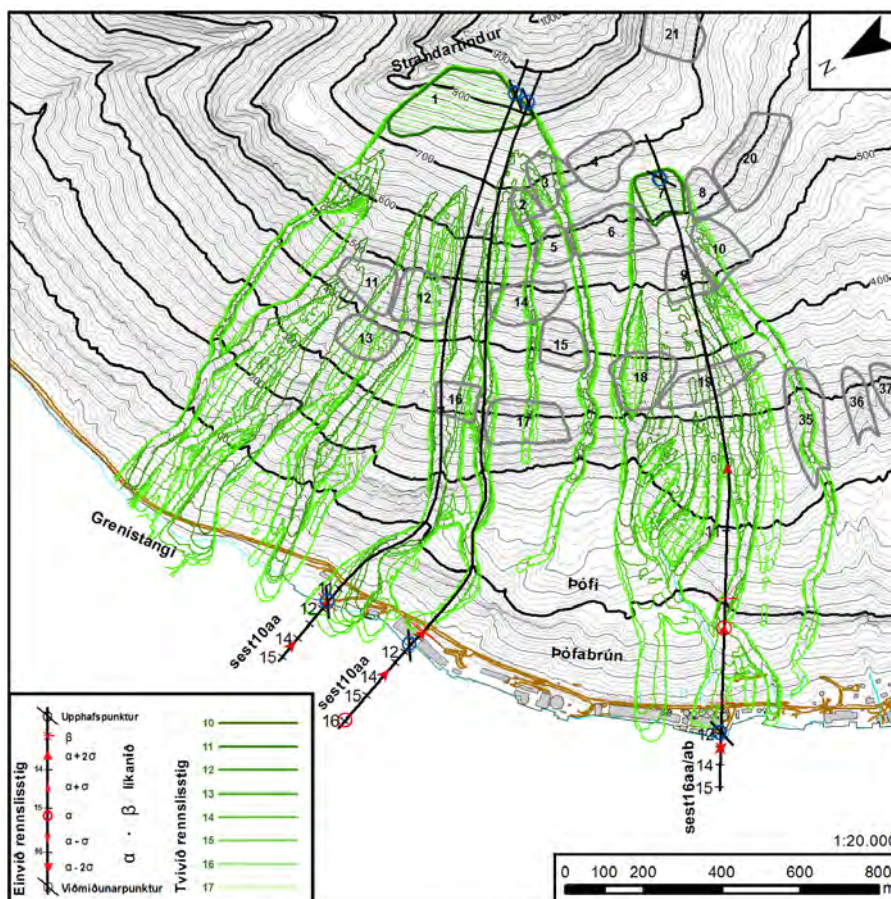
Upptaka- svæði	Efri mörk [m y.s.]	Neðri mörk [m y.s.]	Meðal- halli [°]	Meðal- breidd [m]	Flatar- mál [ha]	Viðhorf
1	850	720	32	280	4.9	NV
2	700	650	32	70	0.6	VNV
3	740	650	34	100	1.4	V
4	730	650	32	170	2.0	V
5	615	550	34	80	0.9	VNV
6	620	560	31	200	2.5	VNV
7	670	600	32	100	1.5	VNV
8	650	580	33	70	1.1	V
9	565	485	31	100	1.4	VNV
10	580	490	30	110	1.8	V
11	485	425	34	150	1.7	NV
12	500	425	34	140	2.1	VNV
13	400	335	34	140	1.5	NNV
14	520	440	33	160	2.0	NV
15	460	380	34	110	1.6	VNV
16	350	290	35	100	1.2	VNV
17	330	260	35	200	2.5	VNV
18	410	310	34	140	2.3	VNV
19	380	320	34	180	2.1	VNV



Mynd 16. Upptakasvæði í Strandartindi/Ytri-Dagmálaborði. Ljósmynd: JKH.

á láglendi um farvegi Imslandsgils, Strandargils, Þófalækjar, Hæðarlækjar, Hörmungarlækjar og Skuldarlækjar. Stærri flóð sem koma niður á innanverðan Þófann utan Hæðarlækjar geta breitt úr sér en fylgja í flestum tilfellum dældum og minni háttar farvegum fram af brúninni og niður

í byggð. Ekki þarf mjög stór flóð til þess að ná niður á láglandi, utan Þófalækjar ná rennslisstig 11 niður á veg og rennslisstig 12 langleiðina til sjávar, flóð með hærri rennslisstig fara í sjó fram. Eftir því sem innar dregur þarf hærri rennslisstig til þess að ná byggð, undir farvegum nær rennslisstig 13 niður á veg og rennslisstig 15 þarf til þess að flóðið nái til sjávar. Fyrir hærri rennslisstig breiða flóðin meira úr sér þegar farvegum sleppir. Rennslisstig 16 og 17 fara upp úr farvegnum og dreifa úr sér um byggðina eftir endilangri ströndinni, nema helst á svæðinu undir innanverðum Þófanum, milli Þófalækjar og Hæðarlækjar, þar sem einungis minniháttar farvegir ná niður á láglandi.

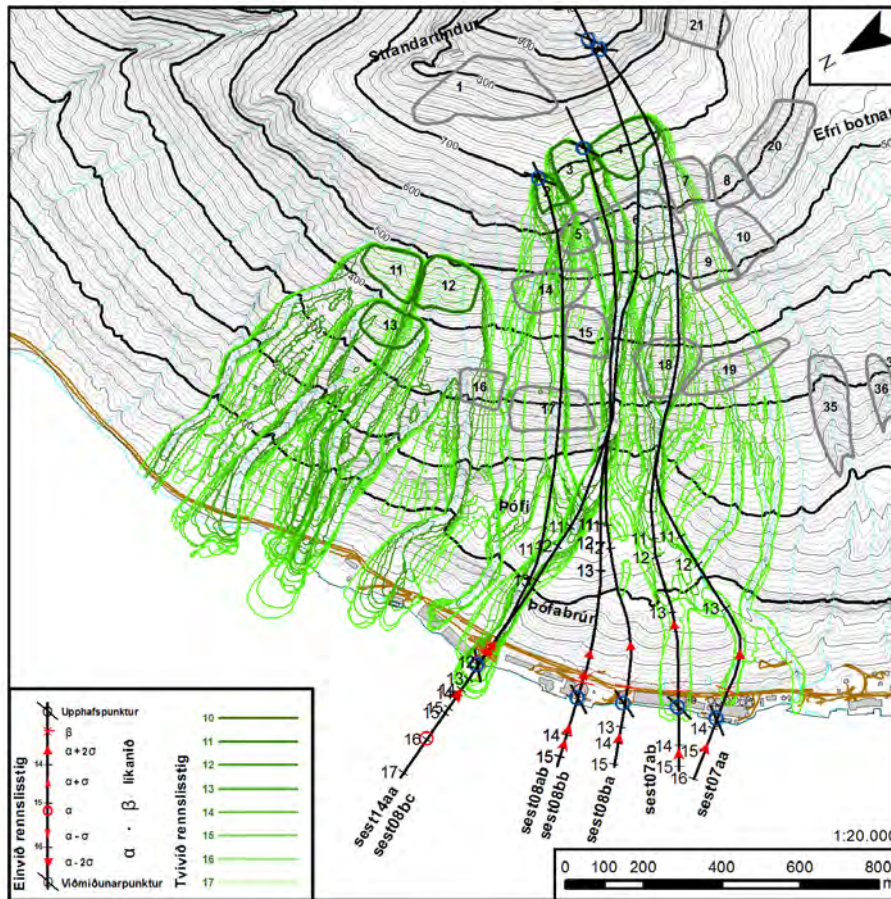


Mynd 17. Niðurstöður SamosAT líkanreikninga fyrir upptakasvæði 1 og 7.

Nokkur munur er á niðurstöðum einvíðra og tvívíðra líkanreikninga fyrir farvegina í Strandartindi. Tvívíðu líkanreikningarnir benda eindregið til þess að einvíðir reikningar ofmeti skriðlengd flóða, sérstaklega fyrir hærri rennslisstig. Í tvívíðu reikningunum reynist lítill munur á skriðlengd flóða frá rennslisstigi 13, þau stöðvast flest í einvíðu rennslisstigi 11.5–12.5. Utan við Þófalæk munar 0.5–1 rennslisstigi á einvíðum og tvívíðum líkanreikningum fyrir rennslisstig 12 og 13 og munurinn eykst með hærri rennslisstigum upp yfir 3 stig fyrir hæstu rennslisstigin. Innan Þófalækjar er munurinn lítið eitt minni, hann er lítill sem enginn fyrir rennslisstig 12 og 13, 0.5–1 fyrir rennslisstig 14 en eykst um 0.5 með hverju rennslisstigi þar fyrir ofan.

Hættumat

Heimildir eru um 10 snjóflóð í farvegum frá Skuldarlæk út að Imslandsgili, sem náð hafa að eða



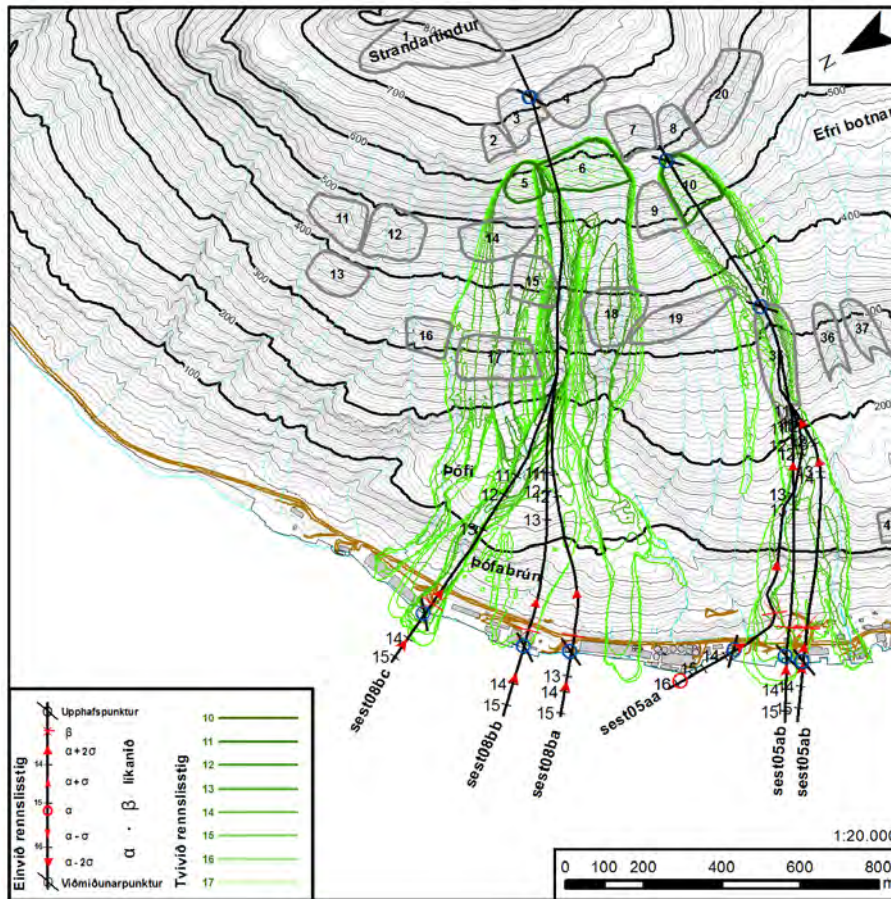
Mynd 18. Niðurstöður SamosAT líkanreikninga fyrir upptakasvæði 2–4, 8 og 11–13.

yfir veg og sum valdið skemmdum á húsum. Lista yfir flóðin er að finna í töflu 6. Þessi gögn má nota til þess að gera sér hugmynd um tíðni flóða í farvegnum en jafnframt segja þau þá sögu að engar heimildir eru um flóð sem valdið hafa skemmdum á byggingum á milli farveganna. Undir Þófanum endilöngum hafa staðið hús allt frá árunum 1870–1890, eða í um 120–140 ár.

Í Hörmungar- og Skuldarlækjum eru 4 skráð flóð sem náð hafa rennissligi 13. Lækirnir renna í sama ós og því er yfirleitt ekki aðgreint úr hvorum farveginum flóðin komu. Tvíníðir líkanreikningar benda til þess að snjóflóð úr upptakasvæðum ofan farveganna hafi tilhneigingu til að renna í báðum farvegum og því er eðlilegt að líta á þetta sem einn farveg í tíðnimatinu. Flóðasagan gefur því tíðnina $F_{13} \sim 0.03$ og með því að beita hættumatsaðferðafræðinni sem lýst er í greinargerð Kristjáns Jónassonar o.fl. (1999) fæst að C-lína undir Hörmungar- og Skuldarlækjum ætti að vera í einvíðu rennissligi 15.9 eða nokkuð fyrir utan ströndina, sem er í samræmi við núgildandi hættumat.

Í Þófalæk eru skráð tvö flóð sem náð hafa einvíðu rennissligi 11, sem svarar til $F_{11} = 0.015$. Það leiðir til þess að C-lína ætti að vera í rennissligi 14.8 en það er einnig utan við ströndina líkt og í núgildandi hættumati. Þetta svarar til þess að tíðni flóða sem ná viðmiðunarrennissliginu 13 sé um fimmfalt minni en í Hörmungar- og Skuldarlækjum.

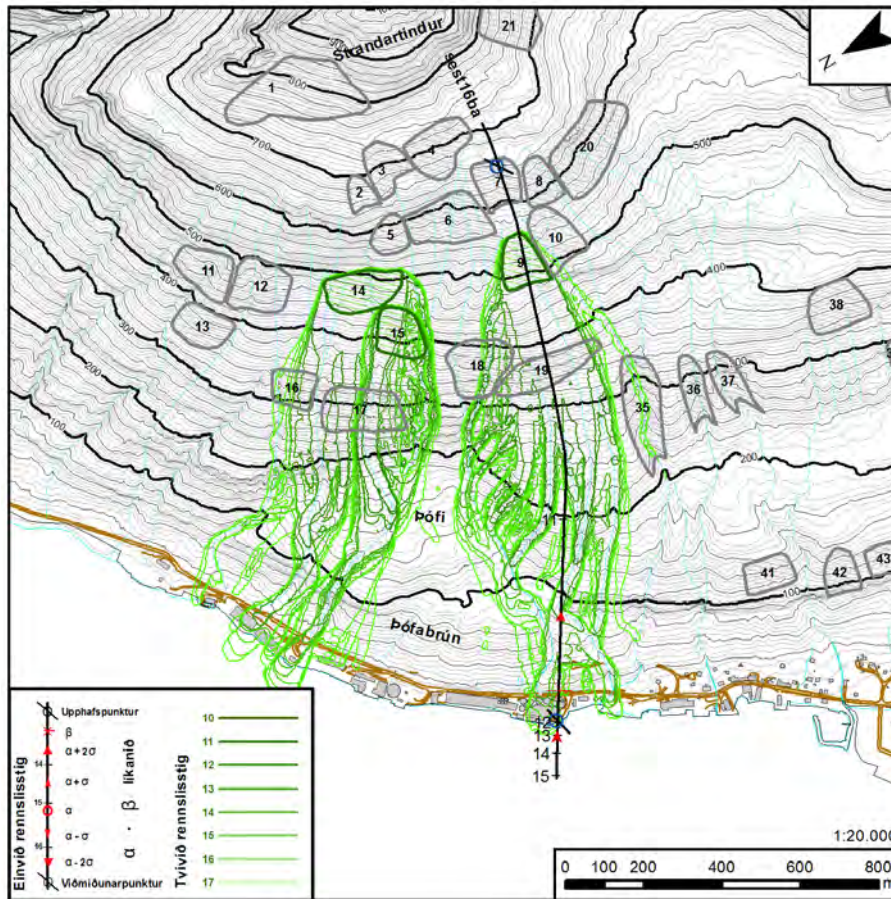
Á milli Þófalækjar og Hörmungarlækjar eru engar heimildir um snjóflóð utan eins krapaflóðs



Mynd 19. Niðurstöður SamosAT líkanreikninga fyrir upptakasvæði 5, 6 og 10.

sem féll í Hæðarlæk og stöðvaðist í rennslisstigi 13.5–14. Þarna benda tvívíðir líkanreikningar til þess að hættan sé mun minni en undir öðrum farvegum, flóð þurfa að hafa rennslisstig 14 til að ná byggð en þau fylgja að mestu farvegum niður af innanverðum Þófa og breiða lítið úr sér. Flóð með rennslisstig 15 breiða hins vegar meira úr sér. Ef gert er ráð fyrir að tíðni flóða með rennslisstig 13 í Hæðarlæk sé 10-falt minni en í Hörmungar- og Skuldarlækjum fæst að C-lína ætti að liggja í einvíðu rennslisstigi 13.7–13.9, sem liggur á milli vegar og sjávar. Þar sem engir áberandi farvegir eru má ætla að tíðni flóða sé miklu minni og C-línu megi draga u.þ.b. þar sem vegurinn liggur nú.

Í Imslandsgili eru tvær heimildir um flóð sem náðu byggð. Það fyrri féll í apríl 1899 og skemmdi lifrarbræðslu. Það hefur að öllum líkindum náð rennslisstigi 11, en varla 12. Seinna flóðið féll í apríl 1977 og náði niður á veg, sem er nærri rennslisstigi 11. Þarna hafa byggingar staðið frá 1880–1900 og má því segja að áhorfstíminn sé um 130 ár. Ef miðað er við $F_{11} = 0.015$ leiða útreikningar á áhættu til þess að C-lína ætti að vera í rennslisstigi 14.8, sem er fyrir utan ströndina. Á sama tíma og seinna flóðið féll í Imslandsgil geta heimildir þess að flóð hafi komið úr Strandargili (og fleiri giljum utar í firðinum). Ekki er ljóst hvar það stöðvaðist, en væntanlega í rennslisstigi á bilinu 10.5–11. Þess er einnig getið í heimildum að flóðið sem féll á lifrarbræðsluna 1899 gæti hafa komið úr Strandargili. Það er þess vegna líklegt að hættan undir Strandargili sé svipuð og undir Imslandsgili.



Mynd 20. Niðurstöður SamosAT líkanreikninga fyrir upptakasvæði 9, 14 og 15.

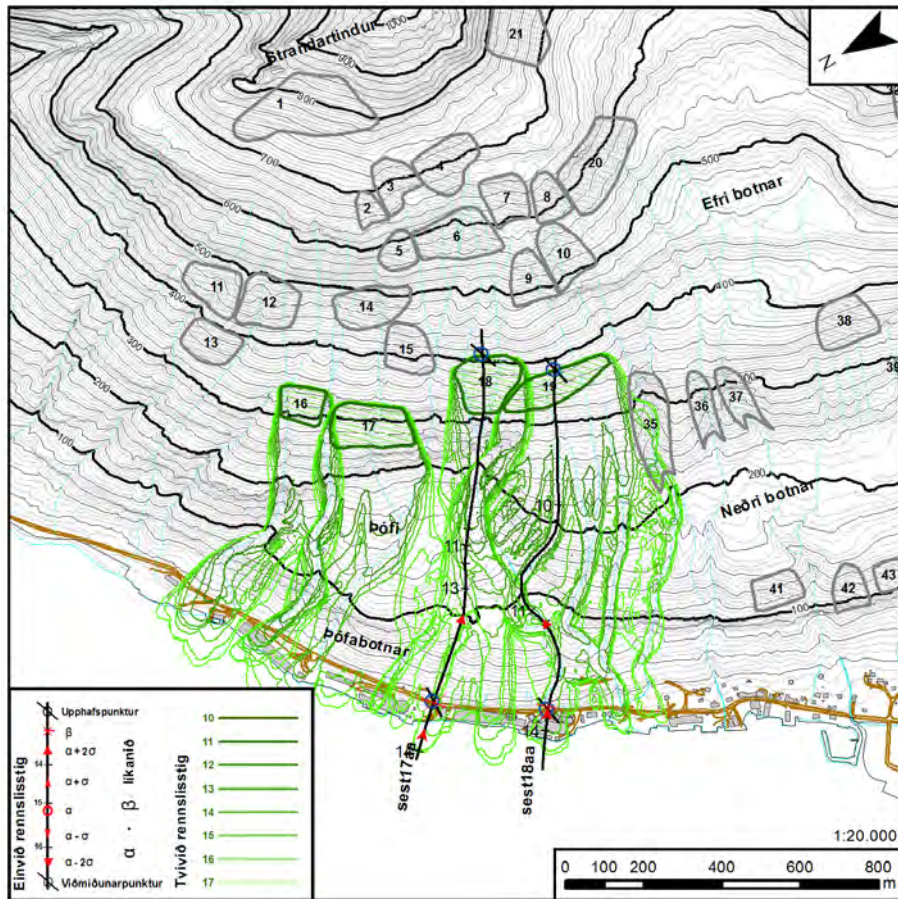
Þrátt fyrir að snjóflóðasagan sýni að tíðni stórra flóða úr upptakasvæðunum í Strandartindi sé að öllum líkindum minni en á mörgum öðrum snjóflóðahættusvæðum í þéttbýli, þá benda líkanreikningarnir til þess að munur á skriðlengd lítilla og stórra flóða sé ekki ýkja mikill og að ekki þurfi sérlega stór flóð til að ná niður í byggðina undir helstu farvegum. Þarna er því ekki æskilegt að samfelld viðvera fólks sé umtalsverð. Með hliðsjón af niðurstöðum tvívíðra líkanreikninga er lagt til núgildandi C-lína undir Strandartindi verði að mestu látin halda sér. Þó er línan dregin heldur nær fjallshlíðinni en í fyrra mati neðan við innanverðan Þófa, þar sem líkanreikningar benda til þess að hættan vegna snjóflóða sé minni. Þar sem engir eða mjög ómarkverðir farvegir eru liggur hún rétt neðan vegar. Undir Hæðarlæk og farvegum ofan mjöhlúss Síldarvinnslunnar og gömlu netagerðarinnar er hún dregin út í sjó til að auðkenna að hættan sé meiri þar. Línan er sýnd á korti 6.

7.1.2 Svæðið milli Hæðarlækjar og Búðarár

Upptakasvæði og fallbrautir

Upptakasvæði 4, 6–10 og 19 sem lýst var í kaflanum um svæðið undir Strandartindi, ógna einnig byggðinni milli Hæðarlækjar og Búðarár.

Upptakasvæði 20, sjá mynd 16, er á hæðarbilinu 550–640 m vestast í hlíðinni undir Strandartindi þar sem Ytri-Dagmálabotn opnast. Efst á svæðinu er klettabelti en neðar skriða sem er að hluta



Mynd 21. Niðurstöður SamosAT líkanreikninga fyrir upptakasvæði 16–19.



Mynd 22. Upptakasvæði snjóflóða í Dagmálalabotnum. Ljósmynd: SSG.

gróin mosa og gægist klettahrafl upp úr hér og þar. Í gegnum svæðið liggja tveir áberandi farvegir sem neðar sameinast fleiri lækjum og mynda Stöðvarlæk og Búðará. Úr upptakasvæðinu féll flóð

Tafla 6. Snjóflóð sem náð hafa byggð undir Þófa, og í Hörmungar-, Skuldar- og Stöðvarlækjum.

Dagsetning	Farvegur	Lýsing
4/1899	Imslandsgil	Snjóflóð úr Imslandsgili braut gufubræðsluhús sem stóð við sjóinn.
21/2 1904	Hörmungar- og Skuldarlækir	Krapaflóð tók 4 báta og rak þá handan fjarðar, sumir talsvert brotnir.
21/2 1904	Hæðarlækur	Krapaflóð skaðaði tvö hús, Madsenshús (Massi) og annað fyrir neðan það.
24/4 1919 1930-43	Hörmungar- og Skuldarlækir Þófalækur	Þurrt flekahlaup sem færði hús á kaf. Snjóflóð í Þófalæk féll í gegnum neðri hæð Strandarvegs 26–28 (Strönd).
15/2 1974	Þófalækur	Þurrt flekahlaup.
26/4 1977	Imslandsgil	Vott flekahlaup.
26/4 1977	Strandargil	Vott flekahlaup.
28/3 1978	Hörmungar- og Skuldarlækir	Snjóflóð sem stöðvaðist í 40 m y.s. um 200 m frá SR.
14/2 1988	Hörmungar- og Skuldarlækir	Flóðið hlóðst upp á veginum milli Fiskvinnslunnar og bragga SR.

Í maí 2013 sem teygði sig yfir brúnina neðst í Ytri-Dagmálalabotni og náði tæplega rennslisstigi 11, sjá kort 2. Flóð úr svæði 20 falla niður hlíðina og í farvegi Skuldarlækjar, Stöðvarlækjar og Búðarár og halda sig við farvegina niður hlíðina.

Upptakasvæði 21–26 í Ytri-Dagmálalabotni eru í grófri og ógróinni skriðu á hæðarbilinu frá 700–800 m y.s. Svæðin eru sýnd á myndum 16 og 22, undir bröttu klettabelti efst í hvíltinni á milli Strandartinds og Miðtinds. Svæði 22, 23 og 26 ná upp í skálar sem myndast hafa í klettabeltinu. Meðalhalli svæðanna er á bilinu 34–37° en svæði 23 hefur meðalhallann 44°. Viðhorf svæðanna fer frá SV fyrir svæði 21 til NV fyrir svæði 26. Svæðin safna helst snjó í austlægum (SA–A–NA–lægum) áttum en skafið getur í upptakasvæði 21 og 22 í norðlægum til norðvestlægum áttum. Flóð í Ytri-Dagmálalabotni eru algeng en yfirleitt lítil og ekki eru heimildir um flóð sem náð hafa út úr hvíltinni frá því að snjóathugunarmaður tók til starfa.

Upptakasvæði 35–37 eru teiknuð í farvegum Skuldarlækjar, Stöðvarlækjar og Búðarár á hæðarbilinu 210–340 m. Þarna eru farvegirnir afmarkaðir af bröttum bökkum sem ná upptakahalla snjóflóða, og meðalhallinn er 35–36°. Ekki er hætta á þurrum snjóflóðum sem gætu náð byggð úr þessum upptakasvæðum, en flóð gætu fallið í lækina og komið af stað krapaflóðum niður farvegina.

Upptakasvæði 41 er um 160 m breitt á hæðarbilinu frá 115–155 m y.s. með 29° meðalhalla. Svæðið er nokkuð gróið, en í því eru smágerðir gróðurlausir hryggir og á milli þeirra lágur dældir. Svæðið vísar mót vestnorðvestri og safnar helst snjó með vindi sem blæs samsíða hlíðinni og setur snjó í lægðir. Flóð úr upptakasvæði 41 falla niður af klettabelti í 100 m hæð og þaðan niður skriðurunna en gróna hlíð sem hefur jafnan halla frá 15–25°. Farvegurinn er að mestu opin hlíð en í henni eru nokkrir minniháttar farvegir sem hafa tæpast mikil áhrif á flæði flóða nema

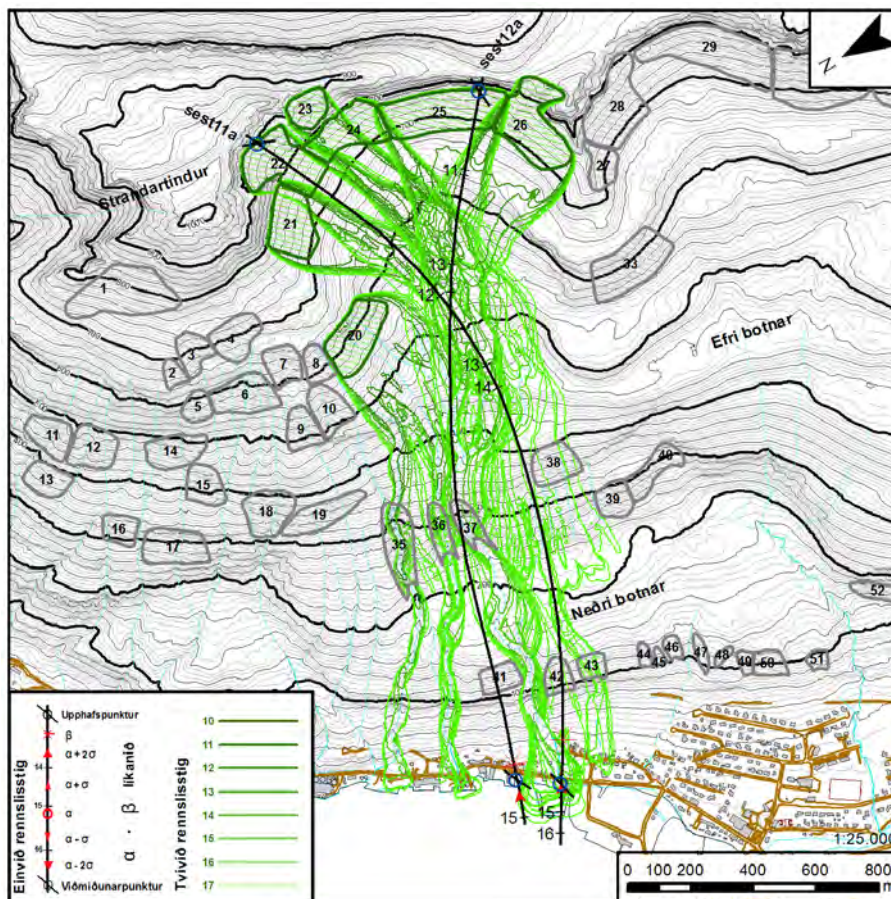
Tafla 7. Tölulegar upplýsingar um upptakasvæði snjóflóða í Fremri-Dagmálabotni.

Upptaka- svæði	Efri mörk [m y.s.]	Neðri mörk [m y.s.]	Meðal- halli [°]	Meðal- breidd [m]	Flatar- mál [ha]	Viðhorf
20	640	550	35	230	3.5	SV
21	795	690	35	200	3.2	SV
22	900	735	35	150	4.3	SV
23	900	810	44	115	1.7	V
24	810	690	35	250	3.4	V
25	780	675	35	370	5.6	NV
26	865	685	37	250	5.1	NV

allra minnstu spýja. Hluti flóða úr upptakasvæði 41 fellur í farveg Búðarár. Einnig getur hluti flóða úr upptakasvæði 42 flætt upp úr farvegi árinna og runnið inn í byggðina þar utan við.

Úthlaupssvæði

Mörk fallbrautar og úthlaupssvæðis er við efstu hús í byggðinni, þótt varla sé um úthlaupssvæði að ræða á þessu svæði. Brekkunni sleppir við efstu hús, sem standa í 80–100 m fjarlægð frá sjó, þar sem halli er um 10°.



Mynd 23. Niðurstöður SamosAT líkanreikninga fyrir upptakasvæði 20–26 í Ytri-Dagmálabotni.

Líkanreikningar

Flóð úr upptakasvæðum 4, 7–10 og 19 í hlíðum Strandartinds koma niður farvegi Hörmungar-, Skuldar- og Stöðvarlækjar. Tungur flóða með rennslisstig 13 stöðvast rétt við Hafnargötu en hærri rennslisstig breiða nokkuð úr sér og ná flest til sjávar. Svipaðar niðurstöður eru fyrir upptakasvæði 20, rennslisstig 13 stöðvast nokkuð ofan byggðar en rennslisstig 14 nær byggð undir Skuldar- og Stöðvarlækjum auk Búðarár. Hærri rennslisstig breiða úr sér og ná til sjávar.

Mynd 23 sýnir niðurstöður tvívíðra líkanreikninga fyrir upptakasvæðin í Ytri-Dagmálalabotni auk upptakasvæðis 20. Rennslisstig undir 14 stöðvast inni í hvilftinni og rennslisstig 14 rétt nær út úr henni en stöðvast ofan 400 m y.s. Rennslisstig 15 og stærri flóð ná út úr hvilftinni og fylgja aðallega farvegi Búðarár en smátungur fara niður Stöðvarlæk og farveg milli Búðarár og Nautaklaufar. Undir Búðará nær rennslisstig 15 lengst að Hafnargötu en rennslisstig 16 og 17 ganga í sjó við smábátahöfnina. Aftakaaðstæður þyrfti til að svo stór flóð færu af stað úr þessum upptakasvæðum.

Vegna þess hversu ólíklegt er að stór flóð úr upptakasvæðunum í Ytri-Dagmálalabotni fari af stað eru upptakasvæði 41 og 42 helsta ógnin við byggðina við Búðará. Niðurstöður líkanreikninga fyrir þau svæði eru sýndar á mynd 28. Flóð úr upptakasvæði 41 greinast í tvo hluta, ein tunga fer ofan í farveg Búðarár og rennur til vesturs en hin fer beint niður brekkuna og greinist þar í tvennt: innri hlutinn rennur einu rennslisstigi styttra en ytri hlutinn. Flóð með rennslisstig 11 stöðvast við efstu hús og rennslisstig 13 stöðvast við sjávarmál (er hér miðað við ytri hlutann, sem fer lengst). Þegar ein- og tvívíðir líkanreikningar eru bornir saman kemur í ljós að einu rennslisstigi munar. Flóðin fara styttra í tvívíðum reikningum vegna þess að þau breiða úr sér í opinni fallbrautinni, sem dregur úr hraða þeirra.

Flóð úr upptakasvæði 42 með rennslisstig 11 stöðvast við efstu hús, rennslisstig 12 nær niður fyrir Fossgötu og rennslisstig 14 niður fyrir Hafnargötu. Litlu munar á ein- og tvívíðum reikningum hér, eða u.þ.b. hálfu til einu rennslisstigi fyrir 11–13 en skriðlengd stærri flóða er sambærileg. Farvegur Búðarár beinir flóðum eindregið frá svæðinu ofan smábátahafnarinnar.

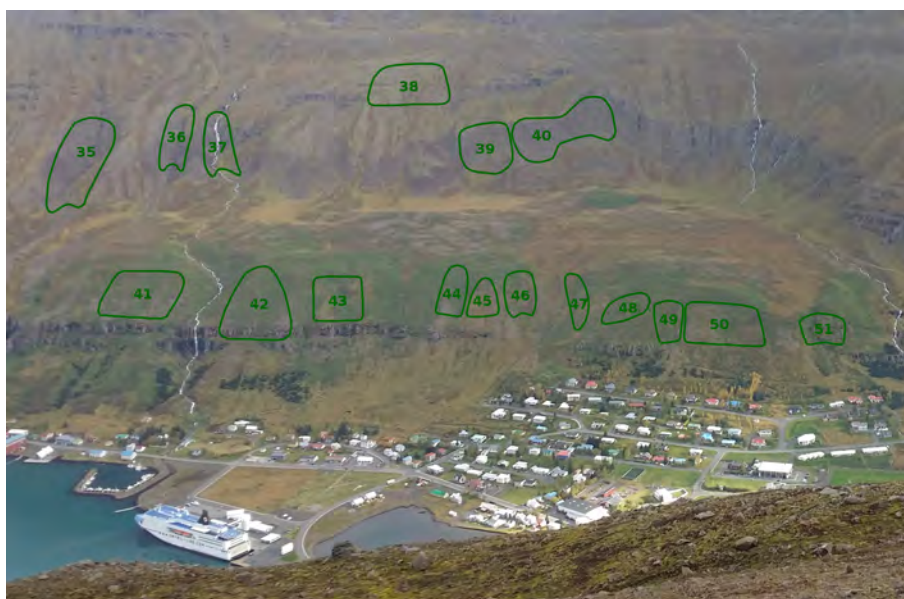
Hættumat

Snjóflóðasagan í Hörmungar-, Skuldar- og Stöðvarlækjum er tekin saman í töflu 6 og rædd í kaflanum hér á undan. Eins og þar kemur fram bendir hún til þess að C-lína ætti að vera staðsett í einvíðu rennslisstigi 15.5, sem er langt úti fyrir ströndinni. Í núgildandi hættumati er hún dregin rétt undir rennslisstigi 14. Ekki eru til heimildir um nein flóð sem náð hafa byggð undir Stöðvarlæk eða Búðará, en þar hafa staðið hús frá því rétt fyrir aldarmótin 1900. Þarna er því eðlilegt að miða við töluvert lægri tíðni en í Hörmungar- og Skuldarlækjum. Ef miðað er við að tíðni flóða úr upptakasvæðum í Ytri-Dagmálalabotni sem falla í Stöðvarlæk eða Búðará sé tífalt minni en í Hörmungar- og Skuldarlækjum, þ.e. $F_{13} \sim 0.003$, fæst að C-lína sé við einvitt rennslisstig 14, sem er staðsett í hvilftinni langt ofan við byggðina. Upptakasvæðin í Ytri-Dagmálalabotni hafa því ekki áhrif á hættumatið.

Upptakasvæði 41 og 42 eru eins og áður sagði ráðandi um snjóflóðahættu á milli Stöðvarlækjar og Búðarár. Þar er rétt að hafa hliðsjón aðferðafræði fyrir lágar brekkur, sem nánar er fjallað um í næsta kafla um svæðið undir Botnabrún, þó Botnahlíðin á þessu svæði sé heldur hærri en þar er miðað við. Núgildandi C-lína er dregin í rennslisstigi 10–11 og úthlaupshorni $\sim 25^\circ$. Oft er miðað við að hún sé staðsett í rennslisstigi 10–12 undir fremur lágum hlíðum með litla snjóflóðasögu, og ofan við úthlaupshornið 25° fyrir þær aðstæður sem um er að ræða á þessu svæði. Í ljósi

Þess að ekki er vitað um nein snjóflóð úr þessum upptakasvæðum er eðlilegt að draga línuna tiltölulega nærri hlíðinni miðað við aðrar lágar brekkur þar sem hættu hefur verið metin. Eina breytingin sem gerð er á C-línu frá fyrra mati er til þess að samræma hana niðurstöðum tvívíðra líkanreikninga þannig að hún liggi eftir Hafnargötu frá húsi númer 28 að húsi númer 38a en sveigi þá upp fyrir byggðina.

7.1.3 Botnabrún innan Búðarár



Mynd 24. Upptakasvæði snjóflóða ofan og neðan Neðri-Botna. Ljósmynd: SSG.

Upptakasvæði og fallbrautir

Upptakasvæði ofan byggðarinnar undir Botnahlíð eru á þremur hæðarbilum. Efstu upptakasvæðin eru í Innri-Dagmálabotni, þá eru nokkur upptakasvæði í brekkunni ofan stallsins í Neðri-Botnum og loks eru mörg minni svæði í Botnahlíð, rétt undir Botnabrún.

Upptakasvæðin í Innri-Dagmálabotni eru flest á hæðarbilinu 700–800 m y.s. í grófri skriðu undir klettabeltinu efst í hvilftinni Tvö svæði eru neðan hvilftarinnar, svæði 33 undir Miðtindi, sem liggur á bilinu 550–640 m y.s., og svæði 34 undir Innri-Strandartindi, frá 500–600 m y.s. Þetta eru fremur ólíkleg upptakasvæði, þau eru bæði kúpt að lögun og ekki líklegt að snjósöfnun sé mikil. Upptakasvæðin eru tiltölulega stór og er það í ágætu samræmi við snjóflóðaskráningar undanfarinn áratug. Það hefur nokkrum sinnum gerst að breið flóð falli í Dagmálabotnum og árið 2014 sprakk allur Innri-Dagmálabotn frá Miðtindi að Innri-Strandartindi fram samtímis. Meðalhallinn á upptakasvæðunum er frá 32–37° og viðhorfið hleypur frá suðvestri á upptakasvæði 27 til norðvesturs á upptakasvæði 32. Líkt og í Ytri-Dagmálabotni safna svæðin helst í sig snjó í austlægum (SSA–NNA) áttum. Fallbrautir flóða úr upptakasvæðum neðan kletta í Innri-Dagmálabotni byrja neðst í skriðum en fljótlega tekur ójafnt landslag hvilftarbotnsins við. Þar neðan við er hlíðin milli Efri- og Neðri-Botna sem er að hluta til vaxin gróðri. Þá tekur við klettabeltið sem einkennir innanverða Neðri-Botna og neðan þeirra fer fallbrautin yfir flatann í Neðri-Botnum, yfir innsta hluta Botnabrúnar og um farveg Dagmálalækjar. Flóð úr innsta upptakasvæðinu í Innri-Dagmálabotni (32) geta dreift úr sér á flatanum neðan Innri-Strandartinds

Tafla 8. Tölulegar upplýsingar um upptakasvæði snjóflóða í Innri-Dagmálabotni.

Upptaka- svæði	Efri mörk [m y.s.]	Neðri mörk [m y.s.]	Meðal- halli [°]	Meðal- breidd [m]	Flatar- mál [ha]	Viðhorf
27	755	675	33	120	1.3	SV
28	815	685	33	200	4.3	VSV
29	800	695	34	450	5.8	VNV
30	800	670	37	320	6.8	VNV
31	800	650	33	380	8.3	VNV
32	875	650	32	280	9.2	NV
33	640	550	36	270	4.2	V
34	600	500	34	370	5.6	VNV

og fylgt fallbraut neðan upptakasvæðis 34 og farið í farveg Hádegisár. Fallbraut upptakasvæðis 33 er stöllótt hlíðin milli Miðtinds og Neðri-Botna. Í 400 m y.s. eykst hallinn og við tekur bratti og klettur ofan Neðri-Botna. Fallbrautin fer um upptakasvæði 39 og 40 og sameinast fallbraut þeirra. Fallbraut upptakasvæðis 34 liggur niður stöllótt hlíð sem þar sem gróft skriðuefni stendur upp úr mosagróðri og í um 400 m y.s. tekur farvegur Hádegisár við. Stærri flóð geta dreift úr sér upp úr farveginum og fylgja þá röðum klettabelta sem einkenna hlíðina milli 100 og 300 m y.s.

Upptakasvæði 39 og 40 ofan Neðri-Botna voru teiknuð í tengslum við endurmatið sem nú fer fram, en upptakasvæði 38 var með í hættumatinu 2002 en bar þá númerið 12. Svæðin vísa mót vestri og vestnorðvestri. Upptakasvæði 38 spannar hæðarbilið frá 330–400 m y.s. og hefur meðalhallann 31°. Það er í skriðurunninni hlíðinni á milli Efri- og Neðri-Botna. Neðan þess er fjöldi minni farvega, sem enda á stallinum í Neðri-Botnum. Sitthvoru megin upptakasvæðisins, fyrir því miðju í hæð, eru smágerð klettabelti en þau ganga ekki í gegnum svæðið. Staksteinar eru á víð og dreif. Upptakasvæði 39 og 40 liggja neðar, eða frá 230–320 m y.s. og beint neðan Miðtinds. Þau ná á milli farveganna sem liggja neðan upptakasvæðis 38 og áberandi klettabeltis sem einkennir innri hluta Neðri-Botna. Meðalhallinn er nokkru meiri en í upptakasvæði 38, eða frá 35–37°. Í upptakasvæði 40 er klettahrafl sem nær meiri halla. Lítil flóð féllu úr upptakasvæði 40 árið 2002 og veturinn 2013–2014. Neðan upptakasvæðis 38 er fallbrautin með halla 25–35°, skorin af grunnum farvegum en að öðru leyti opin. Þar neðan við tekur flatinn í Neðri-Botnum við, tæplega 300 m breiður og með meðalhalla rétt yfir 10°. Neðan Botnabrúnar taka við sömu farvegir og lýst er í næstu málsgrein. Til þess að ná fram af þurfa flóðin að vera sæmilega stór. Neðan upptakasvæða 39 og 40 er fallbrautin á um 20–30 m hæðarkafli með 25–35° halla en neðan við tekur flatinn í Neðri-Botnum við.

Upptakasvæðin neðan Botnabrúnar eru flest lítil. Þau þekja hæðarbilið frá 80–140 m y.s., frá Botnabrún og niður að klettabelti sem sker hlíðina inn fyrir Nautaklauf. Þau vísa mót norðvestri. Meðalhallinn er frá 30–32° í efri hluta og minnkar jafnt og þétt í 25–27° neðar. Svæðin eru minni skálar og dældir þar sem snjór gæti safnast fyrir og eru þær nokkuð grónar. Snjósöfnun er líklegust þegar vindur blæs meðfram fjallinu en ólíklegt er að snjór að ofan safnist í svæðin vegna landslags. Fallbraut neðan upptakasvæðanna í Botnabrún liggur um klettabelti en neðan þess er gróðri vaxin skriða með halla á bilinu 15–25°. Þar neðan við minnkar hallinn jafnt og þétt. Efstu húsín eru á mótum fallbrautar og úthlaupssvæðis. Fallbrautin er að mestu opin en neðan nokkurra upptakasvæða mótur fyrir farvegum þótt þeir séu ekki afgerandi.

Tafla 9. Tölulegar upplýsingar um upptakasvæði snjóflóða upp af Neðri-Botnum.

Upptaka- svæði	Efri mörk [m y.s.]	Neðri mörk [m y.s.]	Meðal- halli [°]	Meðal- breidd [m]	Flatar- mál [ha]	Viðhorf
35	340	215	35	90	2.8	V
36	330	235	36	60	1.2	V
37	330	240	36	70	1.2	VNV
38	400	330	31	150	1.9	VNV
39	305	230	35	110	1.3	VNV
40	330	250	37	200	1.8	V

Tafla 10. Tölulegar upplýsingar um upptakasvæði snjóflóða í Botnabrún.

Upptaka- svæði	Efri mörk [m y.s.]	Neðri mörk [m y.s.]	Meðal- halli [°]	Meðal- breidd [m]	Flatar- mál [ha]	Viðhorf
41	155	115	29	120	1.1	VNV
42	155	80	34	80	1.0	VNV
43	140	100	31	80	0.7	VNV
44	140	100	29	35	0.3	VNV
45	135	100	29	30	0.2	VNV
46	135	100	29	45	0.4	VNV
47	135	90	27	50	0.4	NNV
48	135	105	30	60	0.2	VNV
49	120	80	29	40	0.4	VNV
50	125	80	27	100	0.9	VNV
51	105	75	29	60	0.4	VNV

Úthlaupssvæði

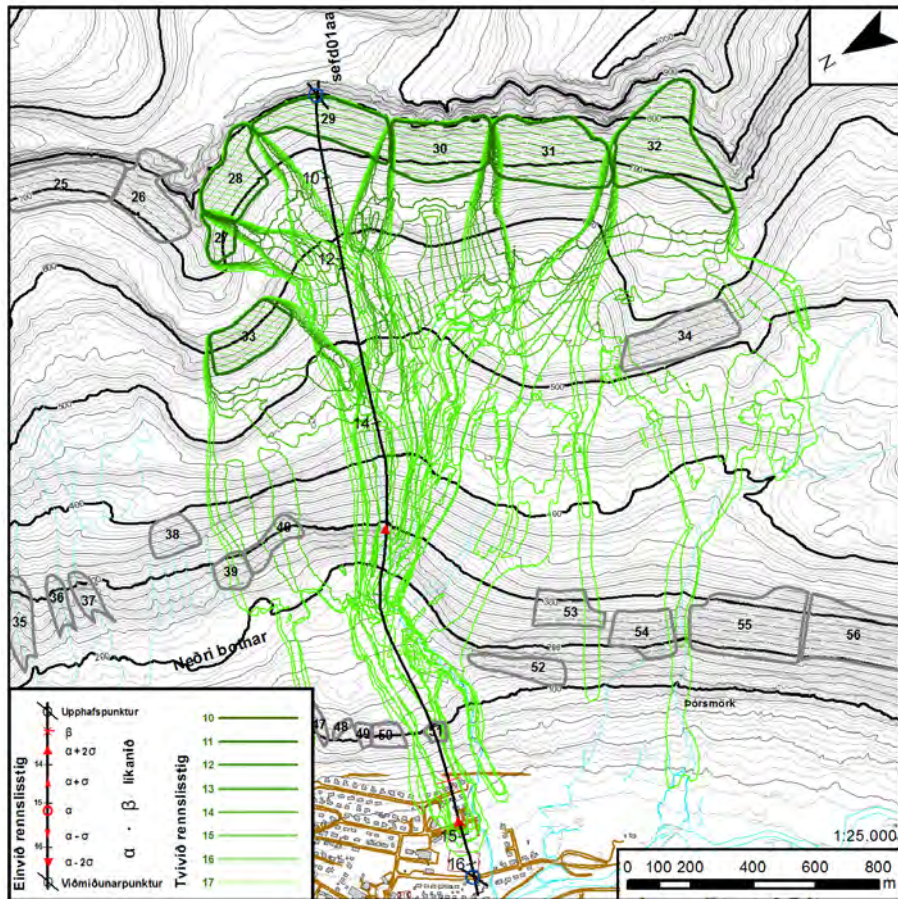
Úthlaupssvæði minni flóða úr upptakasvæðum í Innri-Dagmálabotni er hvílfarbotninn. Úthlaupssvæði stórra flóða er byggðin við Dagmálalæk neðan Botnabrúnar og fyrir upptakasvæði 32 getur flóðtunga niður Hádegisá breitt úr sér í hlíðarfætinum.

Úthlaupssvæði flóða úr upptakasvæðunum ofan Neðri-Botna eru annars vegar flatinn í Neðri-Botnum fyrir minni flóð og hins vegar byggðin undir Botnabrún.

Úthlaupssvæði flóða úr upptakasvæðunum í Botnabrún liggur um byggðina. Ytri hluti hennar byggðist á 19. öld og í byrjun þeirrar 20. en flest húsinn sunnan Nautaklaufar eru byggð frá 1965–1990. Innstu húsinn neðan Botnahlíðar voru byggð á áttunda áratugnum.

Líkanreikningar

Myndir 25 og 26 sýna niðurstöður tvívíðra líkanreikninga fyrir upptakasvæðin í Innri-Dagmálabotni. Flóð úr upptakasvæðum 29–34 renna nokkurn veginn sömu leið nái þau út úr hvílfarbotni, en til þess þarf rennslisstig 15 því rennslisstig 14 fer lengst niður í 400 m y.s. Stór flóð renna niður kletta ofan í innsta hluta Neðri-Botna þar sem þau breiða aðeins úr sér. Rennslisstig 15 stöðvast á flatanum í Neðri-Botnum en stærri flóð fara fram af Botnabrún og skiptast í tvær tungur. Önnur tungan fylgir farvegi Dagmálalækjar en hin fer yfir Botnabrún aðeins utar og niður Klauf og hlíðina sitthvoru megin hennar. Rennslisstig 16 og 17 geta náð yfir innsta hluta byggðarinnar, lengst fara þau úr upptakasvæði 29 og stöðvast neðan húsa númer 26–32 og 34–40 við Múlaveg.

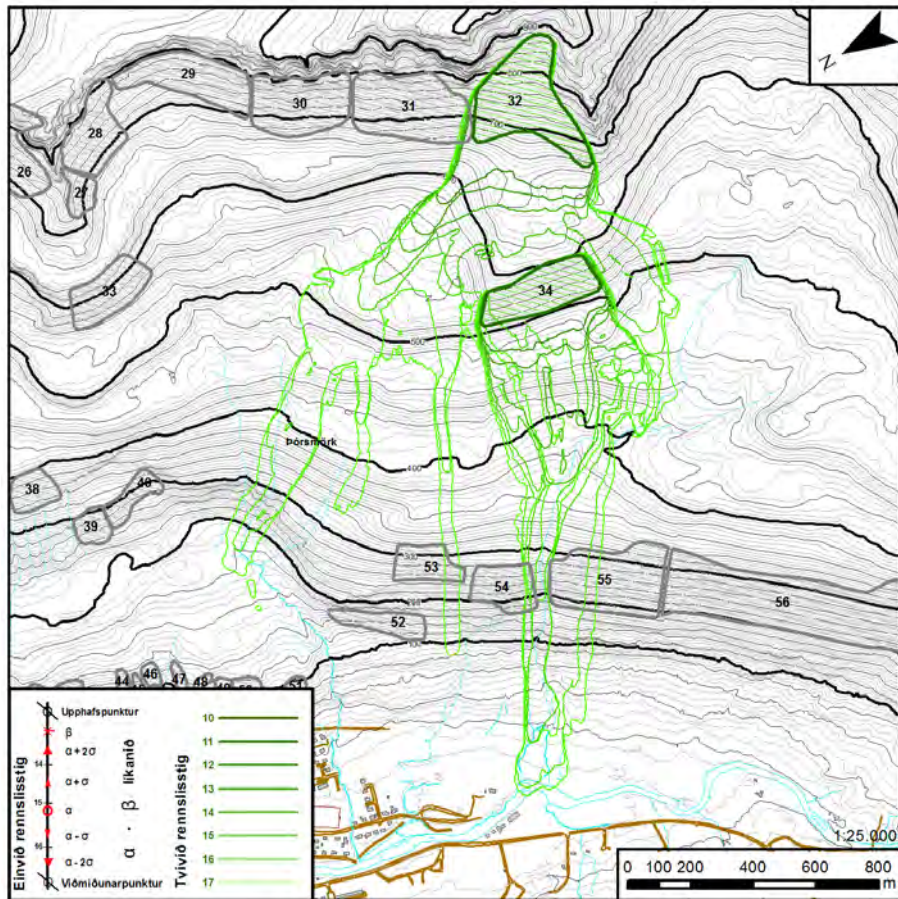


Mynd 25. Niðurstöður SamosAT líkanreikninga fyrir upptakasvæði 27–33 í Innri-Dagmálaborði.

Flóð úr upptakasvæðum 32 og 34 renna niður yfir hrygginn neðan Innri-Strandartinds og með farvegi Ytri-Hádegisár niður á láglendi. Rennslisstig 15 nær niður að efstu skurðum en rennslisstig 16 og 17 enda í Fjarðará rétt sunnan hússins sem stendur við Garðarsveg 21. Húsum við Langatanga og Garðarstanga stafar því tæplega ógn af snjóflóðum.

Í hættumatinu árið 2002 voru færri upptakasvæði teiknuð í Dagmálaborðum og einvíðar brautir einungis reiknaðar fyrir tvö upptakasvæði í ytri botninum. Samanburður á einvíðum og tvívíðum líkanreikningum fyrir þessar brautir sýnir að niðurstöður eru sambærilegar fyrir rennslisstig 11–14 en rennslisstig 14 úr tveimur upptakasvæðum fara reyndar lengra í tvívíðum reikningum (niður í 400 m y.s. samanborið við 445 m y.s.). Í einvíðu brautunum nær rennslisstig 15 hins vegar út í sjó en í tvívíðu reikningunum nær það lengst niður að Hafnargötu. Í tengslum við endurskoðun hættumatsins var teiknuð braut úr upptakasvæði 32 í Innri-Dagmálaborði og einvíð rennslisstig reiknuð. Þeim ber einnig vel saman við tvívíða líkanreikninga fyrir rennslisstig upp í 14 en rennslisstig 15–17 fara mun lengra í einvíða líkaninu. Vegna þess hversu ólíklegt er að svo stór flóð fari af stað úr Efri-Botnum og að snjóflóðahættan vegna upptakasvæða neðan Botnabrunar virðist vera ráðandi, voru ekki dregnar fleiri einvíðar brautir.

Mynd 27 sýnir niðurstöður líkanreikninga fyrir upptakasvæði 38–40. Rennslisstig upp í 14 stöðvast á flatanum í Neðri-Botnum en rennslisstig 15–17 ná fram af. Stór flóð úr upptaka-



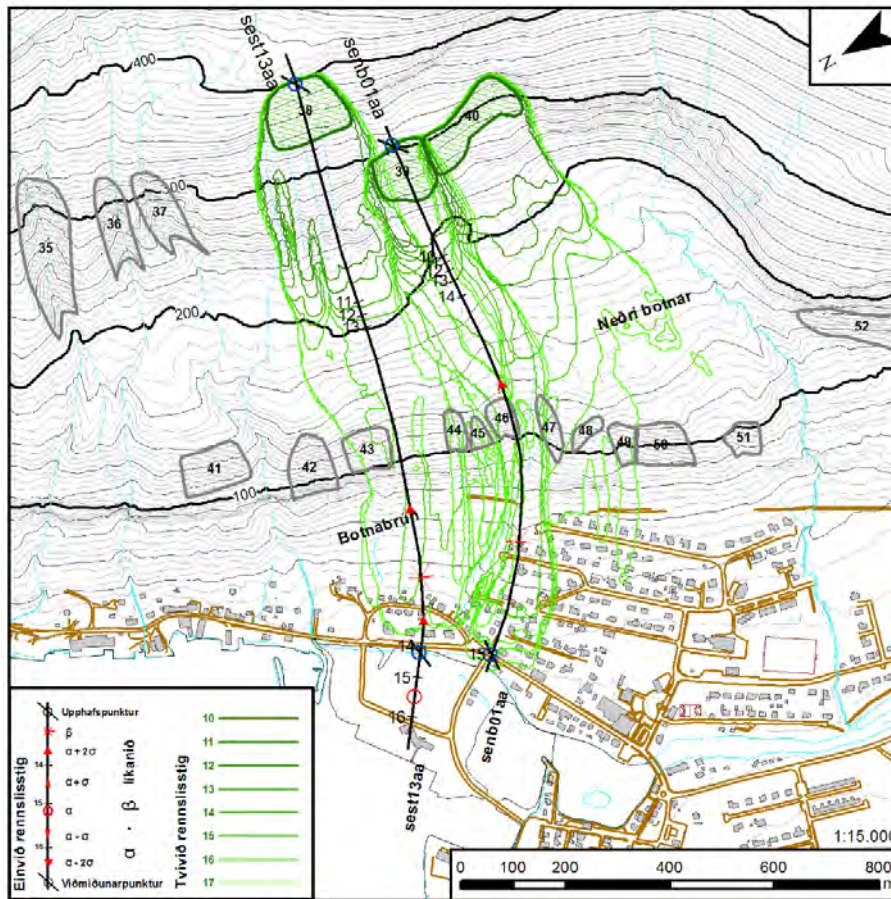
Mynd 26. Niðurstöður SamosAT líkanreikninga fyrir upptakasvæði 32 og 34 í Innri-Dagmálabotni.

svæðum 39 og 40 renna niður Nautaklauf og breiða svo úr sér þegar henni sleppir og mynda dæmigerða snjóflóðatungu. Rennslisstig 15 nær jaðri byggðarinnar og fer yfir nokkur hús við norðurenda Botnahlíðar og Bröttuhlíðar en rennslisstig 16 og 17 fara mun lengra.

Mynd 28 sýnir niðurstöður líkanreikninga fyrir upptakasvæðin neðan Botnabrúnar. Niðurstöður ein- og tvívíðra líkanreikninga sýna að flóð úr upptakasvæðum 41–48 fara gjarnan 0.5–2 og allt að 2.5 rennslisstigum styttra en í einvíða líkaninu, og er munurinn mestur fyrir hæstu rennslisstigin. Í einstaka tilfellum ber rennslisstigum þó saman. Ástæða munarins er að hlíðin er fremur kúpt og farvegirnir opnir svo snjóflóð hafa tilhneigingu til að breiða úr sér og við það dregur úr hraða þeirra í tvívíðra líkaninu, mest fyrir stærstu flóðin. Í tvívíðu reikningunum nær rennslisstig 11 að efstu húsum við Botnahlíð og rennslisstig 12 yfir götu. Rennslisstig 13 nær yfir húsinn neðan götunnar. Upptakasvæði 48 er fremur lítið og flóð úr því ná styttra. Nautaklauf beinir flóðum úr upptakasvæðum 45–47 til norðurs, en flóð úr upptakasvæðunum sunnan við hafa tilhneigingu til að renna til suðurs og því myndast geil í útbreiðslu flóða við norðurhluta Múlavegar og Túngötu. Upptakasvæði 41–43 eru stærst og þar ná flóð með rennslisstig 14–15 út í sjó.

Hættumat

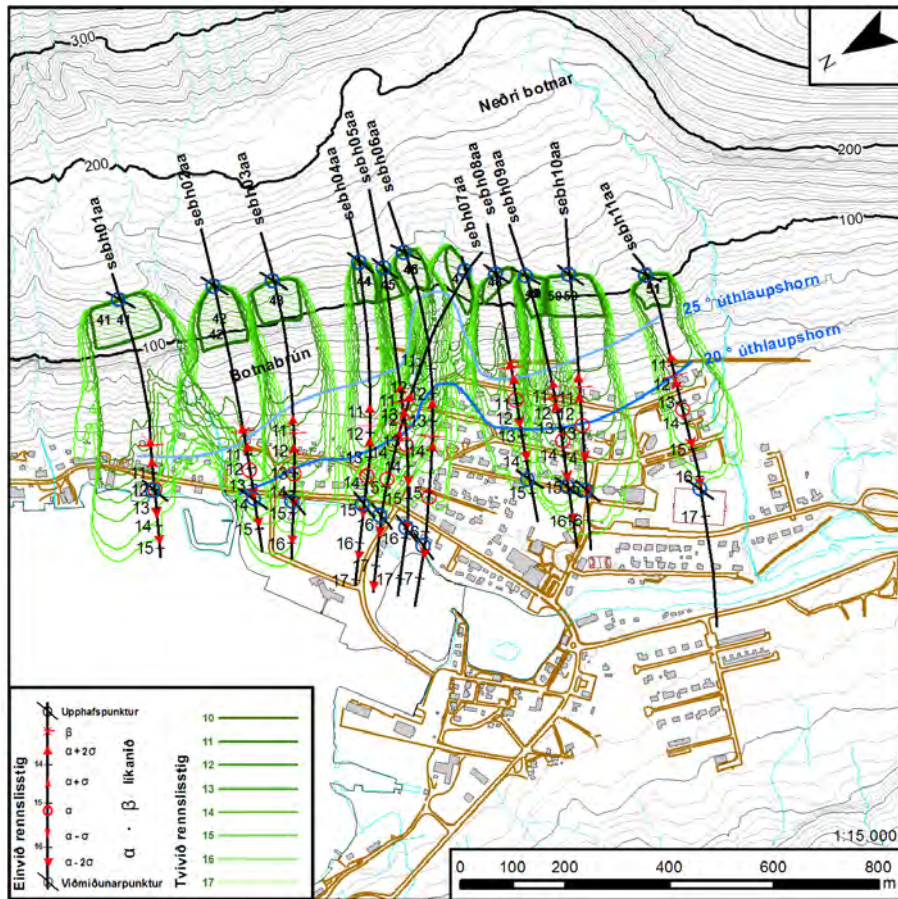
Upptakasvæðin undir Botnabrún eru ekki dæmigerð fyrir þá aðferðafræði sem þróuð hefur verið fyrir snjóflóðahættumat. Aðferðin grundvallast á gögnum um snjóflóð úr víðáttumiklum upp-



Mynd 27. Niðurstöður SamosAT líkanreikninga fyrir upptakasvæði 38–40 ofan Neðri-Botna.

takasvæðum í 500–800 m hæð, en hér er um að ræða lítil svæði og fallhæð á bilinu frá 40–120 m. Viðmiðunarreglur fyrir snjóflóðahættumat undir lágum bökkum hafa verið teknar saman (Tómas Jóhannesson, 2009). Í þeim eru áhættureikningar fyrir hefðbundna snjóflóðafarvegi, sem eru nokkur hundruð metra háir eða hærri (Kristján Jónasson o.fl., 1999), aðlagðir að lægri hraða snjóflóða þar sem fallhæð er einungis nokkrir tugir metra. Undir lágum hlíðum er ólíklegt að eyðileggingarmáttur snjóflóða sé sambærilegur við mörg hundruð metra háar hlíðar en heimildir benda til þess að snjóflóð úr brekkum allt niður undir 10 m háar, geti náð 15–20° úthlaupshorni. og að slík flóð hafi nægilegan eyðileggingarmátt til þess að brjóta niður hús og drepa búfénað. Snjóflóð úr lágum hlíðum hafa fallið á nokkrum stöðum á landinu, s.s. á Drangsnesi, Sauðárkróki, í Reynishverfi og víðar í Mýrdal.

Mat á tíðni snjóflóða úr upptakasvæðunum neðan Botnabrunnar er torvelt þar sem engin flóð hafa verið skráð. Það bendir þó til þess að þau séu fremur fátíð. Hér er því gert ráð fyrir að hún sé mun lægri en úr lágu brekkunum á Drangsnesi og Vík í Mýrdal, eða allt að stærðarþrepi lægri. Þannig má meta endurkomutíma flóða niður í 20° úthlaupshorn 500–1000 ár, en niður í 25° verður hann 50–100 ár. Á mynd 28 eru 20° og 25° sýndar með bláum lit, 25° línan er ofan byggðarinnar að mestu, en tvö hús við Botnahlíð og eitt hús við Fossgötu eru þó ofan hennar. Línan sem afmarkar 20° úthlaupshorn liggur neðan efstu þriggja húsaraðanna neðan innanverðrar Botnahlíðar, dregst uppávið undir upptakasvæðum 45–47 þannig að engin hús við Bröttuhlíð og Baugsveg eru ofan



Mynd 28. Niðurstöður SamosAT líkanreikninga fyrir upptakasvæði 41–51 undir Botna-brún.

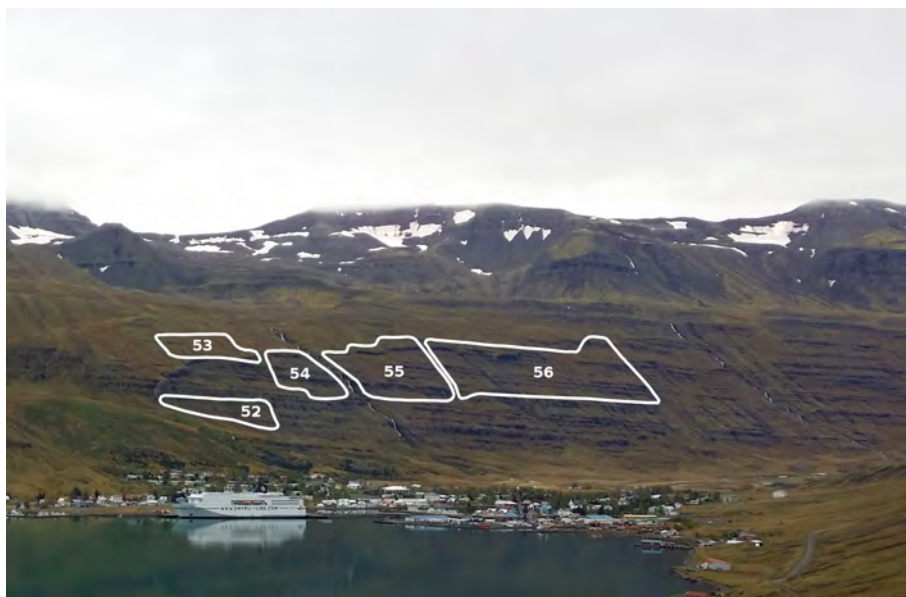
hennar. Loks fylgir hún Austurvegi út í sjó. Byggt á tíðnimatinu og aðferðarfræðinni fyrir lágar brekkur fæst að A-lína ætti að liggja í 19–21° eða nokkurn veginn í 20° línunni. B-lína ætti að liggja í 24.5–26° úthlaupshorni svo miða má við 25° línuna. Hættumatið frá árinu 2002 er í ágætu samræmi við þetta: fyrir byggðina sunnan Nautaklaufar er A-lína dregin í 21–22.5° (utan vatnsfarvega þar sem skriðuhætta er ráðandi) en norðan Nautaklaufar er A-lína dregin í ca. 18–19°.

Til þess að fylgja aðferðarfræðinni fyrir lágar brekkur er A-lína vegna snjóflóða lagfærð þannig að hún fylgi 20° línunni frá Botnahlíð 27 að Múlavegi 9 við gatnamót Múlavegar og Bröttuhlíðar. Þar tekur hún nokkurn veginn beina stefnu að Baugsvegi 3 og sameinast totunni sem dregin er á núgildandi A-línu vegna áhrifa Nautaklaufar. Hér er ekki tekið tillit til þess að 20° línan sveigir inn á við undir Nautaklauf vegna þess að tvívíðir líkanreikningar benda til einhverrar hættu á að stór flóð gætu komið niður Nautaklauf úr upptakasvæðum 39 og 40. Að öðru leyti er línan látin halda sér, enda sýna tvívíðir líkanreikningar að mjög stór flóð úr upptakasvæði 38 þarf til þess að ná byggðinni, en þau eru afar ólíkleg og hættan vegna upptakasvæða í Botnahlíð er ráðandi. B- og C-línur í hættumatinu frá 2002 eru dregnar í samræmi við gildandi aðferðarfræði, þ.e. einu og tveimur rennissligum ofan A-línu. Þar sem A-lína færast fram þarf að aðlaga B- og C-línur til samræmis. Þessar hættumatslínur vegna snjóflóða eru sýndar á korti 7.

Flóð úr upptakasvæðum 27–33 í Innri-Dagmálalækjum koma öll niður á svæðinu innan Botnahlíðar 23 og að Dagmálalæk. Í tvívíðum reikningum þarf rennslisstig 16 til þess að ná byggð og eru það eingöngu tungur úr upptakasvæðum 29 og 33 sem ná svo langt. Þær stöðvast í einvíðu rennslisstigi 15. Tungan hefur þannig lögun að ástæða er til að breyta aðeins A-línu á þessu svæði þannig að hún færist fjær Dagmálalæk. Hún er dregin frá Botnahlíð 28 beint niður yfir túnið að húsinu við Múlaveg 34–40. Hættan vegna flóða úr upptakasvæðum 27–34 hefur ekki áhrif á B- eða C-línu.

Eins og verður rætt í kaflanum um skriðuföll þá er skriðuhætta ráðandi fyrir legu hættumatslína undir Botnahlíð. Það er þó ágætt að halda til haga hættumatslínunum vegna snjóflóða, líkt og hér er gert, þótt þær hafi ekki bein áhrif á endanlega hættumatið.

7.1.4 Svæðið innan Dagmálalækjar



Mynd 29. Upptakasvæði snjóflóða í hlíðinni innan Dagmálalækjar. Ljósmynd: SSG.

Upptakasvæði og fallbraut

Sunnan við Neðri-Botna er um 350 m há hlíð sem kallast Grákambur. Svæðið er um 1.1 km breitt og nær frá Dagmálalæk að ónefndum læk. Í gegnum mitt svæðið rennur Hádegisá. Þrjú stór klettabelti og nokkur minni einkenna svæðið og skipta hlíðinni í þrep. Á milli þeirra er veðrað efni að hluta þakið gróðri. Efsta klettabeltið er berggangur, það byrjar í 260 m hæð y.s. og gengur upp í 340 m hæð syðst á svæðinu. Það er að meðaltali 10–20 m hátt og ofan þess hefur hlíðin minni halla, að mestu undir 25°. Á milli klettabeltanna neðan gangsins er mikið af lausu efni sem safnast hefur upp og þar er meðalhallinn um 35°.

Upptakasvæðin innan Dagmálalækjar eru tekin óbreytt úr hættumatinu frá 2002, sjá mynd 29 og töflu 11. Þau vísa öll til norðvesturs og liggja á hæðarbilinu 200–300 m en ysta svæðið (52) er á bilinu 100–170 m. Nánari lýsingu á svæðunum er að finna í skýrslu Þorsteins Arnalds o.fl. (2002) og tölulegar upplýsingar eru í töflu 11.

Tafla 11. Tölulegar upplýsingar um upptakasvæði snjóflóða í hlíðinni innan Dagmálalækjar.

Upptaka- svæði	Efri mörk [m y.s.]	Neðri mörk [m y.s.]	Meðal- halli [°]	Meðal- breidd [m]	Flatarmál [ha]	Viðhorf
52	175	105	36	310	2.3	VNV
53	320	245	33	190	2.5	VNV
54	280	160	38	190	3.3	VNV
55	345	185	35	340	8.7	NV
56	370	195	36	790	17.6	NV

Úthlaupssvæði

Úthlaupssvæði hefst við brekkufót og tekur til dalbotnsins. Efri hlutinn einkennist af fjölda aurkeilna sem skarast, hann er fremur flatur og hallinn að mestu undir 5°. Úthlaupssvæðið er einsleitt og grasi vaxið. Engin byggð er á svæðinu og engar vísbendingar eru um nýleg snjóflóð.

Líkanreikningar

Einvíðar brautir voru til en tvívíðir reikningar með SamosAT voru gerðir, niðurstöður eru sýndar á mynd 30. Fallbrautir upptakasvæðanna í Grákambi eru að mestu opnar og einu rennslisstigi munar á ein- og tvívíðum líkanreikningum. Flóð úr upptakasvæðum 32 og 34 í Innri-Dagmálahvilt koma niður Hádegisá en einungis stór flóð ná niður á láglandi. Líkanreikningarnir benda til þess að upptakasvæði 32 sé mjög ólíklegt til þess að skila flóðum niður á láglandi því flóð með rennslisstig 17 stöðvast við efstu skurði. Upptakasvæði 34 er einnig frekar ólíklegt til þess að skapa hættu því flóð með rennslisstig 15 stöðvast við efstu skurði ofan við núgildandi C-línu, rennslisstig 16 nær niður að B-línu og rennslisstig 17 nær rétt niður fyrir A-línu. Upptakasvæðið er fremur kúpt og mjög ólíklegt er að þar safnist nægilega mikill snjór til þess að svo stór flóð falli.

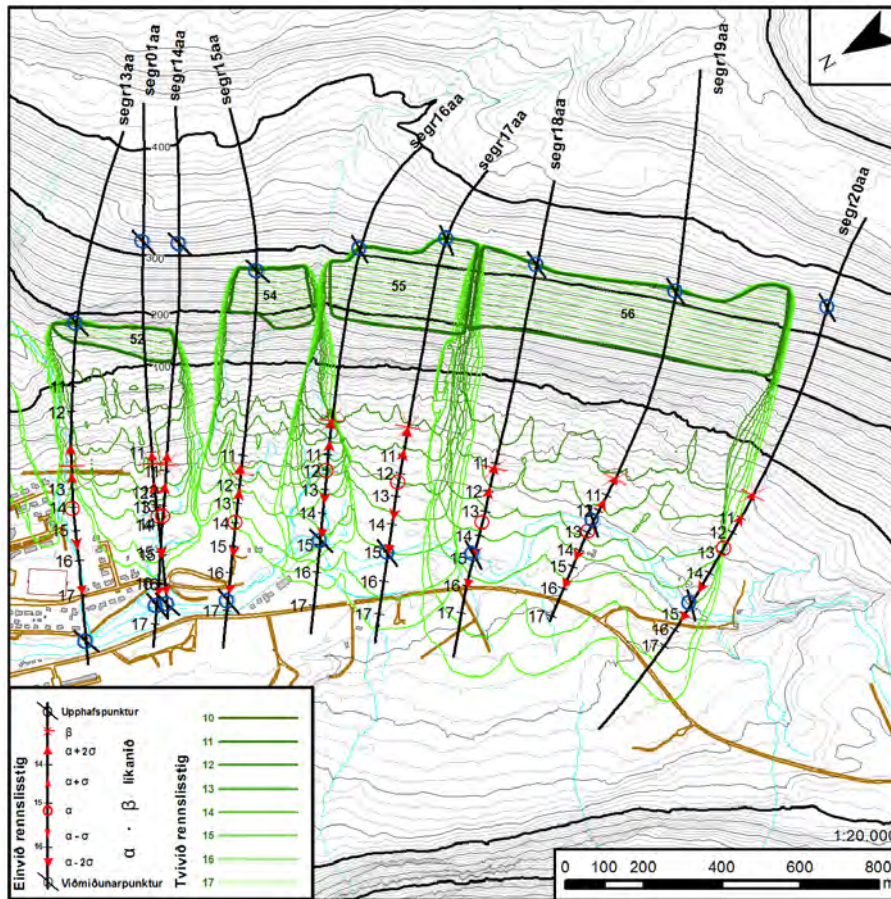
Hættumat

Snjósöfnunaraðstæður eru með þeim hætti að snjór sest helst í lögðir þegar vindur blæs meðfram hlíðinni. Ólíklegt er talið að snjódýpt verði mjög mikil. Því er aðallega búist við litlum flóðum og tíðnin er væntanlega lág ef tekið er mið af snjóflóðasögunni, en eingöngu eru heimildir um eitt krapaflóð sem féll niður Hádegisá í febrúar 1904.

Í hættumatinu frá 2002 er C-lína teiknuð í rennslisstigi 11–12 nema við farveg Hádegisár, þar sem hún er dregin út í rennslisstig 13–14, og B- og A-línur einu rennslisstigi utar. Þetta er í samræmi við aðferðafræði fyrir lágar brekkur sem lýst er í kaflanum um hættumat fyrir svæðið undir Botnabrún. Snjóflóðafarvegirnir sem hér um ræðir eru þó nokkru hærri en svo að aðferðafræði fyrir lágar brekkur eigi við, en einnig lægri en hefðbundin aðferðafræði Kristjáns Jónassonar o.fl. (1999) miðast við. Niðurstöður tvívíðra líkanreikninga gefa ekki tilefni til breytinga á hættumati undir Grákambi.

7.1.5 Óvissa

Óvissa í endurskoðaða snjóflóðahættumatinu sunnan Fjarðarár er talin á bilinu 1–2 sökum þess hvað snjóflóðaaðstæður eru flóknar og tíðnimat erfitt. Á svæðinu austan Búðarár er einhver snjóflóðasaga og óvissan því nær 1 en vestan Búðarár er hún nær 2.



Mynd 30. Niðurstöður SamosAT líkanreikninga fyrir upptakasvæði 52–56 í Grákambi.

7.2 Krapaflóð og aurbönduð vatnsflóð

Hætta er á aurskriðum eða aurbönduðum krapa- og vatnsflóðum í flestum ár- og lækjarfarvegum í hlíðum. Víðast, þar sem lækir og ár renna í gegnum bæi, hafa orðið stórfelld vandræði af flóðum í tengslum við úrhelli eða leysingar og eru þau í mörgum tilfellum bönduð aur- og krapa. Vandamál af þessum toga virðast algengust á Austurlandi en þau þekkjast einnig á Bíldudal, Tálknafirði, Siglufirði og víðar. Sum þessara flóða hafa valdið stórslysum, t.d. Klofahlaupið 1849 úr Grjóta á Eskifirði, þar sem þrír menn fórust, og hlaupið úr lækjargili ofan bæjarins Sævarenda í botni Fáskrúðsfjarðar árið 1886, þar sem fjórir menn fórust. Flóð í slíkum farvegum hafa valdið gríðarlegu eignatjóni, bæði á byggingum og innviðum bæja, en nýleg dæmi eru flóðin á Siglufirði 2015, í Neskaupstað 2017 og á Eskifirði 2017.

Hættumat vegna slíkra flóða byggir á eðli farvegarins, og er farvegum skipt í þrjár tegundir.

1. Vel afmarkaður ár- eða lækjarfarvegur alla leið niður í gegnum byggðina og nægilega djúpur til þess að meginhluti flóða heldur sig við farveginn þótt hluti stærstu flóða geti flæmst um svæðið til hliðar við hann. Hættan er langmest í farveginum sjálfum og næst honum en fjær honum er hættan minni. Í þennan flokk falla Dagmálalækur, Stöðvarlækur, Skuldarlækur, Hörmungarlækur og Hæðarlækur.
2. Illa afmarkaður farvegur þar sem flóð geta auðveldlega flæmst til hliðar þegar rennsli vex.

Farvegur af þessum toga er oft á aurkeilu og flóð geta þá tekið nánast hvaða stefnu sem er eftir að út á aurkeiluna er komið. Hættan í farveginum sjálfum er minni en í fyrri flokknum en meiri á svæðinu nærri farveginum. Í þennan flokk falla Hádegisá, Búðará, Þófalækur, Strandargil og Imslandsgil.

3. Grunnar gilskorur og farvegir lítilla lækja sem jafnvel eru þurrir stóran hluta ársins. Vatna-svið þessara farvega eru mun minni en farveganna í fyrri tveimur flokkunum. Hætta í tengslum við vatnsflóð er miklu minni en í fyrri tveimur flokkunum. Í þennan flokk falla lækurinn milli Hádegisár og Dagmálalækjar, lækurinn í Nautaklauf, farvegir milli Nauta-klaufar og Búðarár, farvegir milli Búðarár og Stöðvarlækjar og farvegir á innanverðum Þófa milli Hæðarlækjar og Þófalækjar.

Saga ofanflóða á Seyðisfirði, Eskifirði og Fáskrúðsfirði bendir til að flóð í öllum ám og lækjum í brattlendi geti verið hættuleg í þeim skilningi að þau geti fyllt hús upp undir miðja vegg í aur, krapa og vatni og jafnvel sópað burt byggingum. Aðferðafræðin sem mótuð hefur verið fyrir þessa tegund ofanflóða (Tómas Jóhannesson & Kristján Ágústsson, 2001) leggur til að farvegir slíkra vatnsfalla verði að öðru jöfnu skilgreindir á hættusvæði C. Næst meginfarvegum er hugsanlegt að skilgreina hættusvæði B ef talin er veruleg hætt á að stór flóð flæmist af fullum þunga upp úr farveginum. Þetta kemur einkum til greina fyrir farvegi í flokki 2 þar sem hlaup geta t.d. flæmst um aurkeilu eða stefna flóða er af einhverjum öðrum ástæðum ekki bundin við „náttúrulegan“ farveg. Utan meginfarvega og svæða þar sem flóð geta náð til með fullum þunga, og við farvegi í flokki 3 er hugsanlegt að skilgreina hættusvæði A. Það afmarkast af hættu á því að flóð geti náð inn í hús af talsverðum þunga og t.d. hálfyllt jarðhæðir og kjallara af vatni eða aur.

Ráðast verður af aðstæðum hversu langt niður á jafnsléttu hættusvæði þurfa að ná. Ljóst er að talsverð hætt á næsta nágrenni stærri farvega um og yfir 100 m frá hlíðinni en hlaup úr smærri farvegnum í flokki 3 má ætla að stöðvist fljótlega eftir að út á jafnsléttu er komið. Fyrir farvegi í flokki 3 er hættan af krapa- og vatnsflóðum mun minni en af öðrum tegundum ofanflóða og hafa þau því ekki áhrif á legu hættumatslína, nema fyrir Nautaklauf. Fyrir farvegi í flokki 1 er skilgreint C-svæði upp í 100 m frá jafnsléttu (eða til sjávar). Fyrir farvegi í flokki 2 er að auki skilgreint B-svæði um það svæði sem flóð gæti flæmst um. Þetta á við um svæðið undir Búðará og Hádegisá, en annars staðar er önnur hættaráðandi um legu B-línu. Utan Stöðvarlækjar er öll ströndin á C-svæði og farvegir því ekki auðkenndir sérstaklega.

7.3 Skriðuföll

Oft er erfitt að meta og kortleggja möguleg upptakasvæði skriðufalla, sér í lagi þar sem skriðufallasaga er rýr. Á Seyðisfirði er skriðufallasagan vel þekkt í samanburði við önnur svæði á landinu og eru til heimildir um söguleg skriðuföll aftur á 18. öld og jarðfræðilegar vísbendingar um a.m.k. fjórar stórar sögulegar skriður og margar minni sem hafa fallið langt niður í núverandi byggð. Sé rýnt í skriðusögu svæðisins kemur í ljós að skriður í grennd við bæinn eru flestar bundnar við ákveðna farvegi (Þorsteinn Sæmundsson og Halldór G. Pétursson, 1999). Eins og fram kemur í kaflanum um skriðusögu hafa flestar skráðar skriður frá fyrri tíð valdið manntjóni, eignatjóni eða fallið nærri byggð. Út frá lýsingum, munnlegum heimildum, ljósmyndum, loftmyndum, jarðfræðilegum athugunum, fyrri rannsóknum og eldra ofanflóðamati reyndist unnt að teikna upptök algengustu skriðufalla í Strandartindi, Þófabrún og Botnabrún. Á myndum 31, 34

og 35 eru afmörkuð upptakasvæði sem talið er að geti ógnað byggð og samgöngumannvirkjum. Stærð svæðanna endurspeglar ekki stærð skriðna sem búist er við að geti fallið, heldur eru afmörkuð svæði þar sem talið er líklegt að skriður geti átt upptök. Eðli málsins samkvæmt geta skriður fallið utan við fyrirfram skilgreind upptakasvæði, eins og sést á korti 8, en í flestum tilfellum ógna þau svæði ekki byggð eða samgöngumannvirkjum.

Hentugt er að greina á milli nokkurra flokka skriðufalla sem ógnað geta byggðinni á Seyðisfirði. Flokkunin byggir á flokkun Jóns Kristins Helgasonar o.fl. (2014) og Þorsteins Sæmundssonar og Halldórs G. Péturssonar (1999).

- Í fyrsta lagi eru stórar, efnismiklar og hraðfara skriður sem eiga upptök í lausum jarðlögum utan í fjallshlíðum og oft á tíðum liggja skriðfletir djúpt. Skriðum sem þessum svipar til skriðnanna sem féllu við Stuðla í Reyðarfirði í nóvember 2002 og í Fagradal við Vopnafjörð í ágúst 2011. Það sem einkennir slíkrar skriður er að þær falla gjarnan úr töluverðri hæð, fara mjög hratt, valda gríðarlega miklu raski og rofi á lausum jarðefnum á úthlaupssvæði og geta í sumum tilfellum hlaupið upp í hlíðar andspænis upptökunum.
- Í öðru lagi eru efnismiklar jarðvegsskriður sem fara hratt niður fjallshlíðar. Skriður sem þessar eiga einkum upptök í þykkum jarðvegsbunkum í hlíðum utan afmarkaðra farvega. Slíkar skriður eru með hátt hlutfall vatns í bland við laus jarðefni og breiða gjarnan mikið úr sér þegar niður á láglandi er komið. Þær falla helst í leysingum, aftakaúrkomu eða asahláku þegar grunnvatnsstaða er há. Þekktustu nýlegu dæmin eru skriðurnar í Hamarsfirði haustið 2017, í Sölvadal sumarið 1995 og Kinnarfelli vorið 2013, þar sem hraðfara skriða tók í sundur þjóðveginn um Köldukinn. Jarðfræðileg ummerki slíkra skriðna hverfa gjarnan fljótt og því er erfitt að kortleggja þær þegar nokkur tími er liðinn frá því að þær féllu.
- Í þriðja lagi eru miðlungsstórar til stórar hraðfara skriður sem eiga upptök í töluverðri hæð og eru bundnar við gil. Slíkum skriðum svipar til skriðunnar sem féll úr Þófalæk árið 1950 og varð 5 manns að bana. Möguleg upptök slíkra skriðufalla eru í lausum jarðlögum ofarlega í fjöllum, þ.e.a.s. í brúnum, hjöllum eða hvíltum þar sem mikið er af lausum jarðefnum. Í staflanum geta leynst veik setlög eða sífreri sem eru viðkvæm fyrir veðurfarsbreytingum.
- Í fjórða lagi eru stórar aurskriður og aurhlaup sem ferðast mun hægar en skriðurnar sem falla undir fyrstu þrjá flokkana. Í þennan flokk falla skriður sem eiga upptök í brúnum eða á stöllum í fremur litlum halla þar sem stöðugleiki jarðlaga er mjög háður grunnvatnsstöðu þannig að breytingar á vatnsþrýstingi geta hrundið af stað skriðum. Skriður af þessari gerð geta skilið eftir sig 0.5–1 m þykkt setlög og borið fram stóra steina og björg. Forsögulegu skriðurnar sem fundist hafa í gryfjum á Seyðisfirði og um fjallað er í kafla 4 (skriður A–D) falla í þennan flokk. Slík ofanflóð eru oft kölluð „torrents“ á erlendum tungum þegar þær falla í afmörkuðum farvegum.
- Í fimmta lagi eru tiltölulega efnislitlar jarðvegsblandaðar aurskriður eða aurhlaup. Skriður sem þessar eiga t.d. upptök í hjallabrunum eða í hlíðum utan afmarkaðra farvega. Þær eru með hátt hlutfall vatns í bland við laus jarðefni og breiða gjarnan mikið úr sér þegar niður á láglandi er komið. Jarðfræðileg ummerki slíkra skriðna hverfa gjarnan fljótt og því er erfitt að kortleggja þær þegar frá líður eins og fyrir skriður í flokki tvö hér að ofan.

- Í sjötta lagi eru þunnfljótandi skriður, sem nefna má *flaum* á íslensku, þar sem hlutfall vatns er hátt og tiltölulega lítið um grjót og gróf jarðefni. Ummerki þeirra er gjarnan þunn slikja í seti á úthlaupssvæði skriðunnar. Flaumur fellur oft í tengslum við önnur skriðuföll og berst þá lengra en grófari hluti viðkomandi skriðu og rennur líkast vatnsflóði. Mörg dæmi eru um að slíkir flaumar hafi fallið niður í bæi og þorp á Íslandi, s.s. á Bíldudal, Ólafsfirði og Eskifirði. Í skriðuföllunum miklu á Kjalarnesi árið 1886 er slíkum flaumi lýst ágætlega en þá breiddist þunnfljótandi soppa yfir stór svæði á láglendi en lítil jarðfræðileg ummerki um skriðurnar er nú að sjá í jarðvegi á svæðinu.
- Í sjöunda lagi er grjóthrun, sem ógnar lífi og eignum fólks mun minna en fyrrnefnd ofanflóð, að flaumi undanskildum. Þótt grjóthrun ógni lífi fólks síður en þær tegundir ofanflóða sem lýst er hér að ofan er mikilvægt að telja til alla hættu sem getur ógnað rannsóknarsvæðinu.

7.3.1 Dánartíðni í skriðuföllum

Hættumat vegna ofanflóða byggir á einstaklingsáhættu, sem skilgreind er sem árlegar líkur á því að einstaklingur sem býr á tilteknum stað farist í ofanflóði. Aðferðir við hættumat vegna snjóflóða byggja á stóru gagnasafni um snjóflóð sem fallið hafa á byggð og dánarlíkur einstaklinga sem lenda í snjóflóði hafa verið metnar út frá upplýsingum um dauðsföll í snjóflóðunum í Súðavík og á Flateyri árið 1995. Sambærilegar aðferðir hafa ekki verið þróaðar fyrir skriðuföll, heldur byggir matið sem hér er lagt til að miklu leyti á túlkun á aðstæðum án þess að unnt sé að vísa til eiginlegra reikninga á áhættu. Vegna þess hversu mikill breytileiki er á skriðuföllum og að fáir hafa farist í slíkum ofanflóðum hérlendis, er erfitt að leggja mat á dánarlíkur. Matið er því óhjákvæmilega huglægt að hluta og byggt á einhvers konar samanburði við snjóflóð til þess að nálgast stærðargráðu, líkt og gert var þegar skriðuhætta á Kjalarnesi var metin (Tómas Jóhannesson & Kristján Ágústsson, 2002; Tómas Jóhannesson o.fl., 2010; Jón Kristinn Helgason o.fl., 2014).

Seyðisfjörður sker sig úr fyrir það að til er nokkuð ítarleg skriðufallasaga síðustu ca. 140 ára og greinargóðar lýsingar á áhrifum skriðna í bænum. Þetta á einkum við um ströndina sunnan megin fjarðarins, en þar hefur byggð hvað lengst verið við lýði og þar er hættan einnig mest. Skriður á þessu svæði eiga upptök ofarlega í hlíðum Strandartinds, falla niður snarbratta hlíðina um afmarkaða farvegi og liggur byggðin þar beint undir, efsti hlutinn nánast í fallbrautinni sjálfri, en neðri hluti byggðarinnar er ofarlega á úthlaupssvæðinu. Það er því ekki að undra að þarna hafi orðið mikið tjón á mannvirkjum og slys á fólki.

Skriðan sem féll á Búðareyri þann 15. ágúst 1897 er líklega ein stærsta skriða sem fallið hefur úr Strandartindi og heimildir eru um. Um hana var sagt að „þvílíkar skriður hafi ekki komið þarna í manna minnum“ (Ólafur Jónsson, 1992). Þessu varð Snorri Wium, forstöðumaður pöntunarfélagsins sem þarna rak verslun, vitni að því hann hafði orðið seinn fyrir kvöldið áður og lagst til svefns í verslunarhúsinu. Hann hrökk upp við miklar drunur og hélt í fyrstu að á væri skollíð ofsaveður. „Hann hljóp þá upp og út og upp á dálitla grasigróna grjótpúst rétt hjá húsinu, neðan við veginn. Þá heyrði hann voða dunur í fjallinu fyrir ofan sig og dynki, og var sem allt nötraði, en þústin, sem hann stóð á, hristist. Og í sömu svipan sér hann aurfossinn og stórgrýtið þeytast fram af klettastallinum hærra fyrir ofan sig og hendast ofan á þann neðri, og gekk það ekki þegjandi af. Þá var sem flóðið stöðvaðist augnablik í gilinu, en áður en við varð litið, brauzt það fram

af klettabrúninni neðstu, sprengdi með sér stór stykki úr sjálfri klettabrúninni og byltist niður á eyrina.“ (Ólafur Jónsson, 1992). Af þessari lýsingu má ljóst vera að skriður úr Strandartindi koma niður á miklum hraða og er fólki bráð hætta búin af þeim. Húsin sem staðið hafa efst í byggðinni hafa enda orðið fyrir miklum skemmdum og manntjón hlotist af. Skriðurnar hægja á sér þegar þær breiða úr sér niðri á jafnsléttu og það kemur einnig fram í lýsingu Snorra „En á hjallanum undir brekkunni hægðist ferðin dálítið, hlaupið klofnaði, og fór annar armurinn austur um Steinholt (Skuld, Hafnargötu 59) og nokkuð á húsið sjálft, braut inn steinvegg í útihúsi, sem stendur fyrir ofan íbúðarhúsið, en skekkti íbúðarhúsið, stórskemmdi það og hnikaði því nokkuð á undirstöðunni“.

Á þessum stað hafði áður fallið skriða í byrjun júlí 1892. Hún fór þvert í gegnum vörugeymsluhús Pöntunarfélagsins og tók úr því 6 álna stykki (tæplega 4 m) og hreif með sér vörur niður í flæðarmál. Skriðan bar fram stór björg og varð eitt eftir á miðju gólfi hússins. Ekki er minnst á hvort skriðan hafi lent á Skuld, sem stóð ofan við. Í byrjun ágúst 1905 féll skriða á bræðsluhús Imslands kaupmanns neðan Imslandsgils og eyðilagði þau að mestu. Um miðjan september 1935 hljóp skriða m.a. á íbúðar- og geymsluhús Einars Einarssonar útgerðarmanns. Skriðan hljóp fyrir dyr íbúðarhússins (sem kallaðist Hörmung) svo íbúarnir urðu að bjargast út um glugga. Neðri hæð Hörmungar skemmdist mikið og geymsluhúsið fylltist af aur og grjóti.

Það var svo í ágúst 1950 að mannskæðasta skriðuslys síðari ára á Íslandi átti sér stað. Þá hljóp skriða á íbúðarhúsið Strönd, tvílyft, steinsteypt hús sem stóð rétt ofan núverandi vegar fast við Þófalæk. Í húsinu voru 8 manns, á neðri hæð Ingibjörg Magnúsdóttir og 5 börn hennar en á efri hæð tveir feðgar. Húsið gjöreyðilagðist eins og eftirfarandi lýsing sýnir: „veitti Marinó Guðfinnsson, sem bjó í næsta húsi, nokkru innar á Ströndinni, því athygli, að vatnið var þorrið í læk þeim, er steiptist fram af hömrinum rétt upp af ysta húsinu, og skildi þegar, að lækurinn hafði stíflast af skriðum. Þá var klukkan hálf átta. Marinó bjó sig í snatri, en er hann leit út aftur, andartaki síðar, var skriðan fallin og hafði molað húsið í rúst nema brak úr þakinu er flaut ofan á skriðunni.“ (Ólafur Jónsson, 1992). Feðgarnir af efri hæðinni grófust líklega aldrei í skriðunni heldur lentu ofan á henni og björguðust ef til vill af þakinu. Ingibjörg og 4 barna hennar fórust hins vegar. Aðeins eitt barnanna var grafið upp lifandi úr skriðunni eftir 3 klukkustundir. Á svipuðum tíma féll skriða niður Hæðarlæk og lenti á tveimur húsum en fólkinu sem þar bjó tókst með naumindum að flýja húsin þegar það heyrði til skriðunnar. Annað húsið stóð rétt ofan núverandi vegar, þar brotnuðu geymsluskúrar og aur og grjót hlóðst upp að húsinu svo nam við þakskegg. Hitt stóð áfast við Síldarbræðsluna nær sjó, það skemmdist og drápust um 20 hænsn en stórgrip var bjargað. Skriðan fyllti ennfremur þrær Síldarbræðslunnar af aur og stórgrýti. Í þessu veðri féllu einnig skriður úr Bjólfi norðan megin í firðinum, m.a. á Bræðraborg sem stóð skammt utan við kaupstaðinn „sem mun hafa valdið skemmdum á húsum, svo að fólk flýði þaðan“ (Ólafur Jónsson, 1992). Þessar lýsingar á afleiðingum skriðanna sýna svo ekki verður um villst að fólki var mikil hætta búin.

Íbúðarhúsið Skuld varð aftur fyrir skriðu í lok september 1958. Fjölskyldan sem þar bjó slapp naumlega út, en skriðan braut eldhúsgluggann og aur flæddi inn. Aur og grjót hlóðust í allt að þriggja metra háan garð umhverfis húsið og var það talið ónýtt. Gripahús og hlaða sem stóðu nær fjallinu eyðilögðust í skriðunni. Þennan dag hljóp einnig aurflóð í Hörmungarlæk og fór inn á neðri hæð hússins Hörmungar, sem áður varð illa úti í skriðu 1935 eins og að framan er getið.

Frá árinu 1958 hafa skriður fallið á Seyðisfirði 1974, 1981, 1989, 2001, 2002 og 2017 án þess

að valda viðlíka tjóni og í þeim skriðuföllum sem hér hefur verið lýst. Þannig er þess sérstaklega getið að í lok ágúst 1974 féll „Stærsta skriðan úr Strandartindi [féll] við Söltunarstöðina Strönd á sama stað og 5 manns fórust 1950, en engar skemmdir urðu nú á mannvirkjum“ (Ólafur Jónsson, 1992). Eflaust eru margar ástæður fyrir þessari þróun en líklega skiptir einna mestu að horfið var frá búsetu í húsum sem voru mjög illa staðsett með tilliti til skriðuhættu. Á svæðinu er nú nánast eingöngu atvinnuhúsnaði byggt eftir miðja síðustu öld. Versta skriðuhrina síðari tíma átti sér stað aðfaranótt 12. ágúst 1989 þegar 13 skriður féllu úr farvegum frá Búðará og út með Strandartindi. Um tuttugu íbúðarhús voru rýmd. Engin slys urðu á fólki en nokkrar skemmdir á atvinnuhúsnaði. Verst úti varð fiskvinnslan Norðursíld, þar féll skriða á geymsluhús úr timbri og eyðilagði á því ytri endann.

Í þeim sögulegu heimildum sem raktar hafa verið hér að framan eru tvö dæmi þar sem skriður hafa lent á húsum þar sem fólk var innandyr. Þegar skriða lenti á húsinu Strönd í ágúst 1950 fórust fimm af þeim átta sem í húsinu dvöldu. Sama dag féllu skriður á þrjú íbúðarhús sem urðu fyrir miklum skemmdum en til allrar hamingju tókst fólki að flýja úr þeim í tæka tíð. Seinna dæmið er frá miðjum september 1935 þegar skriða féll á Hörmung og þrátt fyrir að neðri hæð hússins hafi fyllst af aur og skemmt mikið bjargaðist fólkið út um glugga (væntanlega á efri hæð). Ef miðað er við þessar tvær skriður og með hliðsjón af skemmdum sem skriður hafa í gegnum tíðina valdið á Ströndinni undir Strandartindi, má geta sér til að dánarlíkur fólks vegna skriðna sem eiga upptök ofarlega í Strandartindi séu á bilinu 10–50%. Í öðrum tilvikinu fórst meirihluti fólks í húsinu en í hinu fórst enginn, og sennilega spilar staðsetning fólks í húsinu þar inn í. Í hættumatinu verður gert ráð fyrir að dánartíðni í hraðfara og grýttum skriðum líkt og þeim sem hér hefur verið lýst sé á við dánartíðni í snjóflóðum líkt og þeim sem féllu í Súðavík og á Flateyri 1995, eða um 30%. Þetta gildir nokkuð ofan við stöðvunarstað skriðunnar. Neðar gæti hún verið á bilinu 1–10%.

Sagan sýnir að dánartíðni þeirra sem lenda í hægfara aurskriðum er mun minni en í snjóflóðum. Þetta gildir jafnvel um mjög umfangsmikil skriðuföll sem geta valdið gríðarlega miklu tjóni á byggingum og ræktarlandi líkt og í skriðuföllum á Kjalarnesi árið 1886. Þar urðu miklar skemmdir á nokkurra ferkílómetra svæði. Þetta er enn fremur skýrt þegar dánartölur eru skoðaðar. Frá upphafi tuttugustu aldar hafa snjóflóð sem falla á byggð valdið dauða 109 manns en aðeins 6 hafa látist í skriðum, þar af 5 neðan Þófans á Seyðisfirði. Á þessu tímabili hafa fjölmargar skriður fallið á byggð. Með hliðsjón af þessu má áætla að dánartíðni fólks í skriðum (öðrum en berghlaupum og mjög hraðfara skriðum), sem ekki eru þykkari eða grjótmeyri en skriðurnar á Kjalarnesi 1886, sé allt að einni eða tveimur stærðargráðum minni en í snjóflóðum, eða í kringum 1%. Þetta gildir jafnvel um fólk sem staðsett er í byggingum þó nokkuð ofar, t.d. 100 m, ofan stöðvunarstaðar skriðunnar.

Þykkari skriður, eða skriður sem innihalda meira af stóru grjóti, líkt og forsögulegu skriðurnar A–D sem fundist hafa í gryfjum undir Botnahlíð, eru mun hættulegri lífi fólks. Hér verður gert ráð fyrir að dánartíðnin við hlíðarrætur geti verið á sama stærðarþrepi og í snjóflóðum, eða um 20–30%, en lækki hratt í 10% þar neðan við og neðst á úthlaupssvæði sé hún 1%.

7.3.2 Strandartindur og Þófi

Upptakasvæði

Upptakasvæði 1 er brött skriðurunnin hlíð undir hæstu klettum Strandartinds, á hæðarbilinu

660–820 m y.s. Meðalhalli hlíðarinnar er um 29° en hallinn er mestur í neðanverðu upptakasvæðinu (mynd 31). Skriður sem eiga upptök í svæðinu geta fallið ofan í farvegi Imslandsgils, Strandargils, Þófalækjar og Hæðarlækjar. Upptök flestra skriðna eru annaðhvort neðst í upptakasvæðinu við klettabrún eða í miðju svæðinu þar sem áberandi breyting er á landhalla. Stór og mikil skriðusár leynast í þessu upptakasvæði og eru mest áberandi efst í Þófagili þar sem skriður hafa fallið nokkuð reglulega. Á þessu hæðarbili er að finna í það minnsta þrjár setlagasyrpur með vatnaseti, flikrubergi og túffi með leirlinum. Veikleiki leynist innan þessarar laga og hefur það valdið skriðuföllum við aftakaúrkomu, eins og dæmin sanna. Syrurnar eru á bilinu 10–40 m þykkar. Þær eru sýnilegri og viðkvæmari fyrir veðrun í neðri hluta upptakasvæðisins, skammt ofan við klettabrún. Í efri hluta hlíðarinnar er mikið um stóra hnallunga og steina sem rekja má til grjóthruns að ofan, en minna er um fínefni á yfirborði. Undir grjóthulunni má greina fínefnaríkari efni, silt, jarðveg og túff svo eitthvað sé nefnt. Nokkrar litlar rásir er að finna í neðri hluta upptakasvæðisins, sérstaklega í innsta hluta svæðisins, og bera þær þess merki að vera gömul skriðusár. Í efsta hluta rásanna sést glitta í fyrrnefndar setlagasyrpur.

Upptakasvæði 2 og 3 eru ofarlega í farvegi Imslandsgils (2) og Strandargils (3), á hæðarbiliinu 350–660 m y.s. (mynd 31). Tvö lítil en brött gil mynda efsta hluta farvegar Imslandsgils og Strandargils og geta skriður átt upptök ofarlega í giljunum eða í brúninni skammt ofan við gilin. Ofarlega í upptakasvæðunum á hæðarbiliinu 550–600 m y.s. eru tvær 0.2 og 0.7 m þykkar setlagasyrpur úr túffi með litlum linsum af ummynduðum leir. Meðalhalli upptakasvæðanna er á bilinu $35\text{--}37^\circ$ en hallinn nær 45° efst í giljunum. Neðan við gilin er mikið af lausu efni sem getur hlaupið í aftakaúrkomu við það að bakkarnir í lækjarfarvegnum gefi sig. Skriður sem eiga upptök ofarlega í giljunum geta einnig rífið með sér efni úr neðsta hluta upptakasvæðisins.



Mynd 31. Upptakasvæði skriðna í Strandartindi og Þófa. Ljósmynd: JKH.

Upptakasvæði 4 og 5 eru á hæðarbilinu 380–660 m y.s. í tveimur giljum ofarlega í farvegi Þófalækjar en gilin sameinast í einn farveg efst á Þófanum. Meðalhalli er um 37°. Þónokkur munur er á upptakasvæðunum tveimur en svæði 4 svipar til upptakasvæða 2 og 3, sem eru brött og vel afmörkuð. Upptakasvæði 5 er frábrugðið að því leyti að svæðið er ekki jafn vel afmarkað og er samsett úr þremur litlum giljum sem ekki eru grafin djúpt í berggrunninn. Þar er mun meira af lausu efni í bland við stóra steina og stök björg. Líkt og í upptakasvæðum 1–3 má ofarlega á svæðinu finna þunnar setlagasyrpur með túffi og litlum linsum af ummynduðum leir.

Upptakasvæði 6 er ofarlega í farvegi Hæðarlækjar, ofan við innsta hluta Þófans, á hæðarbilinu 440–560 m y.s. (mynd 31). Efsti hluti svæðisins er stór sporöskjulaga lægð sem minnir helst á skriðusár, þar sem skörp brún er í efsta hluta svæðisins og áberandi háir hryggir beggja vegna. Hryggirnir ramma upptakasvæðið inn niður í um 520 m y.s. Þarna einkennist landslag af óreglulegum hólum, hryggjum og djúpum rásum með stórgrýti í bland við fínefnaríkara efni. Líkt og í upptakasvæðum 1–5 má finna fínaefnarík setlög efst í svæðinu. Tvö stór og djúp gil, sem sameinast efst í Þófanum, mynda neðri hluta upptakasvæðisins. Halli á svæðinu er á bilinu 35–40°.

Eins og áður hefur verið nefnt má skipta Þófanum í tvennt, innri og ytri hluta, aðskilda af Þófalæk. Innri hluti Þófans er fremur flatur að ofanverðu og myndar þykka lagskipta urð. Í henni leynast fínefnarík, þétt lög sem eru víða vatnsleiðandi. Vatn sem kemur ofan úr Strandartindi á innanverðan Þófann rennur í grunnvatnsgeymi urðarinnar og er taftími þess í urðinni þónokkur. Laus jarðefni í efri hluta flatans og í lægðunum verða því gjarnan vatnsmettuð í mikilli rigningu og/eða leysingu en það gerist síður í utanverðum Þófanum þar sem vatn á greiða leið niður á láglandi um vel afmarkaða farvegi.

Upptakasvæði 7 er skilgreint í innanverðum Þófanum á hæðarbilinu 60–120 m y.s. þar sem landhalli er um 15° (mynd 31). Efri mörk upptakasvæðisins eru skilgreind með hliðsjón af sprungum og hreyfingu á stórum fleka árið 2001 og 2002. Upptakasvæði 8 er í brúninni á innanverðum Þófa, í beinu framhaldi af upptakasvæði 7. Brúnin þar sem neðra upptakasvæðið er skilgreint er kúpt inn að Hæðarlæk og er landhalli þar um 28°. Í brúninni eru margir misstórir bollar sem bera þess merki að vera gömul skriðusár. Gróður sem þrífst í lægðum og á flatanum ofan við brúnina er mýrarkennður, sem bendir til þess að grunnvatnsstaðan sé hærri þarna en annars staðar þar sem gras, lúpína og runnar þrífast almennt vel. Þetta er vegna þess að grunnvatnsborð á flatanum ofan við brúnina er nær yfirborði en annars staðar. Þegar grunnvatnsstaða er há verður efri hluti jarðlaganna í brún Þófans vatnsmettaður, vegna þess að vatn rennur á þéttum millilögum sem hleypa litlu vatni í gegnum sig. Mismikið vatn rennur um þessi lög niður að brún Þófans og ræðst vatnsmagnið af vatnasviði ofan brúnarinnar. Þegar grunnvatnsstaða er há geta sprungur myndast í brekkunni ofan við flatann (þar sem sprungan myndaðist 2001) eða skammt neðan við brún Þófans, ofan við vatnsleiðandi lögin.

Upptakasvæði 9 er stórgrýtt urð undir hæstu klettum Strandartinds, á hæðarbilinu 580–740 m y.s. (mynd 31). Meðalhalli hlíðarinnar er um 40°, en hallinn er minnstur efst í urðinni. Fjallað var um þessa urð í kafla 4.2. Eins og þar var nefnt er hún stórgrýtt á yfirborði, með hryggjum og lægðum sem benda til hægfara hreyfingar. Óvíst er hvort að rekja megi hreyfinguna til bráðnunar sífrera eða veikra setlaga sem urðin situr á. Hugsanlega eru þetta samverkandi þættir. Skriður sem eiga upptök í urðinni geta fallið í farvegi (frá norðri til suðurs) Þófa-, Hæðar-, Hörmungar-, Skuldar- og Stöðvarlækja. Af landslagsformum og öðrum yfirborðsummerkjum að dæma hafa flestar skriðurnar fallið úr upptakasvæðinu utanverðu.

Tafla 12. Skriður sem náð hafa byggð undir Þófa.

Dagsetning	Farvegur	Lýsing
5–6/8 1905	Imslandsgil	Aurskriða eyðilagði bræðsluhús sem stóð í fjörunni.
19/8 1950	Þófalækur	Skriða úr Þófalæk olli gríðarlegu mann- og eignatjóni.
19/8 1950	Hæðarlækur	Skriða úr Hæðarlæk olli miklum skemmdum á tveimur húsum.
19/8 1950	Imslandsgil	Skriða féll úr Imslandsgili.
30/9 1958	Hæðarlækur	Skriða úr Hæðarlæk olli skemmdum á húsi Síldarvinnslunnar.
30/7 1960	Þófalækur	Skriða úr Þófalæk lokaði veginum og skemmdi hann.
25/8 1974	Þófalækur	Skriða úr Þófalæk lokaði veginum og skemmdi hann.
15/9 1981	Imslandsgil	Skriða féll niður að Neptúni.
12/8 1989	Þófalækur	Skriða úr Þófalæk olli tjóni á skemmu í eigu Norðursíldar.
12/8 1989	Hæðarlækur	Skriða úr Hæðarlæk skall á hráefnistönkum. Hún olli litlu tjóni en lokaði veginum.
12/8 1989	Imslandsgil	Skriða féll úr Imslandsgili og bar með sér mikinn aur og drullu.
1/10 2001	Þófabrún	Aurskriða féll úr Þófabrún og lokaði veginum við SR mjöl.
2/10 2001	Þófabrún	Aurskriða féll á húsnaði Norðursíldar undir Þófa og lokaði veginum.
2/11 2002	Þófabrún	Lítill skriða féll úr Þófabrún og margar sprungur mynduðust í brúninni.
25/6 2017	Imslandsgil	Skriða úr Imslandsgili féll niður í sjó.
25/6 2017	Þófalækur	Skriða úr Þófalæk olli tjóni á skemmu í eigu Síldarvinnslunnar og fyllti kjallara Flísahússins af aur.

Fallbrautir og úthlaupssvæði

Skriður, sem eiga upptök ofan við utanverðan Þófann (upptakasvæði 1–5), falla niður þrönga og vel afmarkaða farvegi sem lækir og skriður síðustu árhundraða hafa grafið. Skriðurnar sækja gjarnan viðbótarefni úr farvegnum á yfirborði Þófans og verða oft mun efnismeiri en stærð upptakasvæðanna gefur til kynna. Skriður sem eiga upptök ofan við innanverðan Þófa (upptakasvæði 6 og 9) fara einnig niður þrönga og afmarkaða farvegi ofan Þófans en koma niður á tiltölulega slétt yfirborð hans þar sem þær dreifa gjarnan úr sér. Því stöðvast efnislitlar skriður gjarnan ofarlega á flatanum. Efnismiklar og hraðfara skriður sem ná niður fyrir miðjan Þófa fara svo aftur um afmarkaðan farveg Hæðarlækjar niður á láglendi. Litlar fyllur sem geta átt upptök í gömlum skriðusárum í brún Þófans falla sumar í rásun sem ná niður á láglendi.

Hættumat

Til eru sögulegar heimildir um 13 skriður á svæðinu frá Imslandsgili til Hæðarlækjar frá lokum 19. aldar til 2018, sem náð hafa niður í byggð eða í sjó fram, sjá töflu 12. Eins og fyrr var nefnt varð manntjón af völdum skriðu í Þófalæk árið 1950 þegar fimm fórust og er það mannskæðasta skriðufall á Íslandi síðan aldamótin 1900. Margar skriðurnar úr Þófa hafa valdið gríðarlegu eignatjóni og röskun í byggðinni í hlíðarfætinum. Gera má ráð fyrir því að fleiri skriður, sem ekki hafa valdið miklu tjóni og engar heimildir eru til um, hafi fallið á þessu svæði á tímabilinu. Atvinnustarfsemi hefur verið við sjávarsíðuna á þessum stað frá því seint á 19. öld og því ættu

að vera til frásagnir af flestum skriðum sem hafa valdið umtalsverðu tjóni. Virkustu farvegirnir þar sem skriður hafa valdið mestu tjóni eru Þófalækur og Hæðarlækur.

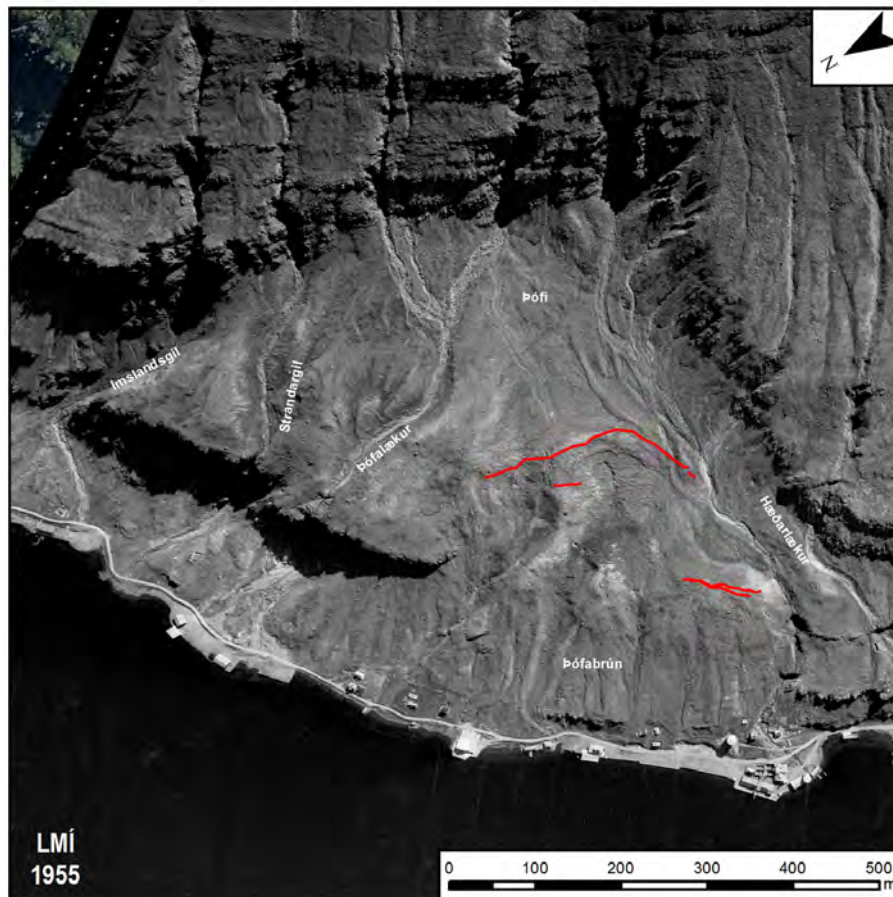
Endurkomutími skriðufalla í Imslandsgili, sem ná niður á láglandi, er rúmlega 20 ár en alla jafna eru skriður úr Imslandsgili efnisminni en skriður úr Þófalæk og Hæðarlæk. Þó er dæmi um að stór skriða hafi fallið niður Imslandsgil árið 1905 og valdið miklu tjóni. Á milli Imslandsgils og Þófalækjar er Strandargil en engar sögulegar heimildir eru um skriðuföll þar. Jarðfræðileg ummerki við gilið og á sjávarbotni utan við ströndina minna þó mjög á aðra skriðufarvegi í Þófa og ekkert bendir til annars en að skriður sem kunna að falla úr gilinu geti náð niður á láglandi. Hér er því miðað við að hætta undir Strandargili sé svipuð og undir Imslandsgili. Skriðusaga Þófalækjar sýnir að farvegurinn er einn virkasti skriðufarvegur landsins í grennd við byggð því endurkomutími skriðna sem ná niður á láglandi er undir 20 árum. Í matinu sem hér er lagt fram er gert ráð fyrir því að skriður geti hlaupið yfir alla aurkeiluna sem hefur myndast undir Þófalæk, þrátt fyrir að flestar sögulegar skriður hafi farið niður rásina eða farveginn sem liggur um SV-hluta aurkeilunnar. Endurkomutími skriðna sem náð hafa byggð undir Hæðarlæk er um 40 ár.

Undir öllum afmörkuðum farvegum Þófans lendir strandlengjan á C-svæði, þ.e. undir Imslandsgili, Strandargili, Þófalæk og Hæðarlæk. Endurkomutími skriðna í þessum farvegum er það stuttur að jafnvel þótt gert væri ráð fyrir dánarlíkum upp á ca. 1–2% reiknast árleg áhætta yfir mörkum C-svæða, en þær eru væntanlega nokkuð hærri eins og gerð er grein fyrir í kafla 7.3.1. Stutt er á milli gilja við utanverðan Þófa og því er C-lína vegna skriðna dregin samfelld úti fyrir ströndinni við og utan Þófalækjar en nokkru fjær ströndinni undir giljunum sjálfum. Rétt er að halda því til haga að hættan undir Þófalæk er mun meiri en annars staðar á svæðinu vegna þess hversu stórt upptakasvæði í Strandartindi beinir skriðum niður í gilið og sökum þess að skriður úr þelaurðinni efst í hlíðinni falla niður í gilið eins og nánar verður rætt hér að neðan og fjallað er um í kafla 4.2.

Undir innanverðum Þófa er hættan að nokkru leyti af öðrum meiði. Á nokkra áratuga fresti skapast aðstæður þar sem að jarðvegur í innanverðum Þófanum verður vatnsmettaður og hætta skapast á skriðuföllum úr brúninni. Á síðustu 30 árum hafa að minnsta kosti 3 skriður fallið úr brún Þófa niður undir eða niður á veg milli Þófalækjar og Hæðarlækjar. Skriður sem eiga upptök í Þófabrún eru ekki jafn efnismiklar og þær sem eiga upptök ofar í fjallinu en þær geta engu að síður valdið töluverðu eignatjóni. Þetta á einkum við um skriður sem eiga upptök í lægðinni ofan við Norðursíld þar sem talsvert vatn getur runnið í stórrigningum og leysingum, eins og dæmi eru um. Innar á Þófanum er að finna ummerki úti fyrir ströndinni sem benda til þess að stórar fyllur hafi fallið í sjó fram, eins og fjallað er um í kafla 4.2. Ummerkin sjást vel á dýptarkortum sem ÍSOR vann út frá fjölgeislamælingum. Afar erfitt er að meta endurkomutíma slíkra skriðufalla og leggja tölulegt mat á áhættu sem af þeim leiðir. Af jarðfræðilegum ummerkjum haustið 2002 að dæma er þó ljóst að hætta er á slíkum skriðuföllum, einkum úr lægðinni ofan Norðursíldar og úr lægð skammt utan við Strandarveg 13, og einnig úr brúninni næst utan við Hæðarlæk. Í hättumatinu frá 2002 er þessari hættu gerð skil. Engar nýjar upplýsingar hafa komið fram síðan þá sem að benda til þess að hættan sé minni og er því ekki tilefni til að endurskoða það mat.

Sprungur sem fundust í 120–140 m h.y.s. á innanverðum Þófa sumarið 2000, sjá mynd 32, sýna að þykk, laus jarðlög Þófans eru á hreyfingu á stóru svæði en mjög erfitt er að leggja tölulegt mat á hættu á umfangsmiklum skriðuföllum ef þessi jarðlög kæmust á hreyfingu. Skriðuföllin á Stuðlum í Reyðarfirði 2002 og í Fagradal við Vopnafjörð 2011 eru hugsanlegar hliðstæður skriða

sem þá gætu fallið niður í sjó. Þó ekki séu forsendur til þess að leggja tölulegt mat á áhættu af völdum skriðufalla af þessum toga, er hugsanleg hættu á þeim, til viðbótar við hættu á minni skriðum úr brúninni sem rædd er hér að framan, tilefni til þess að draga C-línu á þessu svæði, þ.e. frá Þófalæk og inn fyrir Hæðarlæk, utan við ströndina til þess að leggja áherslu á að óráðlegt er að reisa nýtt húsnaði á þessu svæði, hvort sem er íbúðarhúsnaði eða atvinnuhúsnaði. Hætta á þessu svæði er metin mest á svæðunum undir lögðum í brún Þófans við Norðursíld og ofan og utan Strandarveggar 13, svo og skammt utan Hæðarlækjar og er það sýnt með sveig á C-línunni utan við ströndina á þessum stöðum.



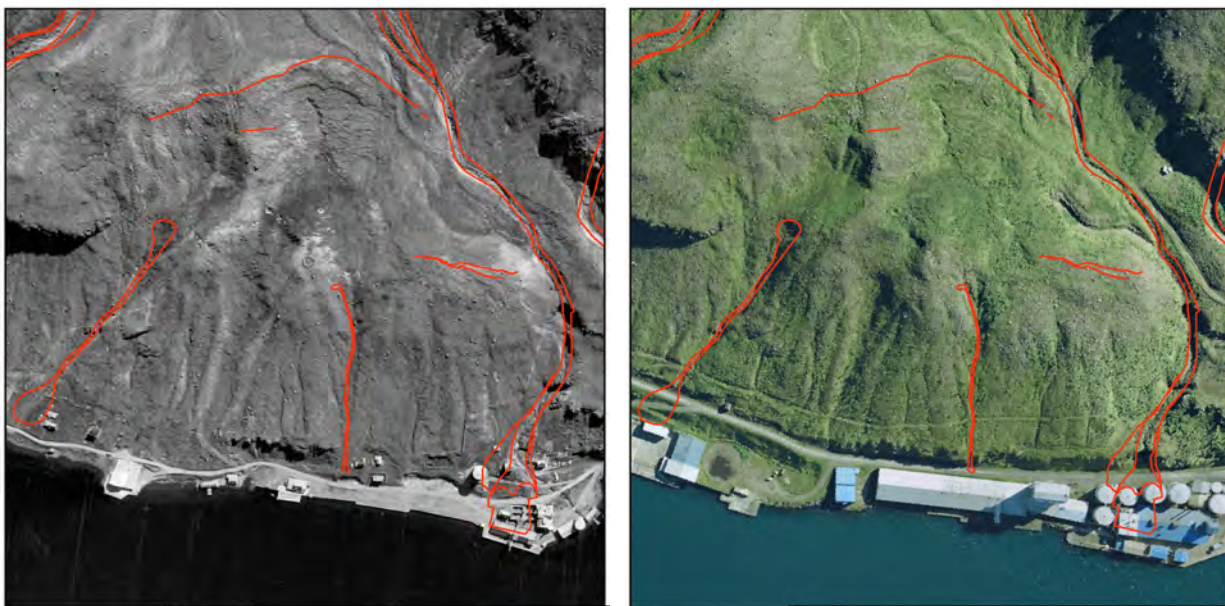
Mynd 32. Á myndinni má sjá sprungur í jarðvegi sem mældar voru árið 2001 lagðar ofan á loftmynd frá 1955 en á loftmyndinni sjást jarðfræðileg ummerki um hreyfingu á lausum jarðlögum á yfirborði innri hluta Þófans. Loftmyndin er úr loftmyndasafni Landmælinga Íslands.

Sú ákvörðun að láta C-svæði af völdum skriðufalla ná til sjávar á öllu svæðinu frá Þófalæk til Hæðarlækjar þýðir að endurkomutími skriðufalla úr brún Þófans sem skapa verulega hættu á þessu svæði er talinn vera styttri en ca. 30–100 ár, ef dánarlíkur í slíkum skriðuföllum eru metnar á stærðarþrepinu 1–3%, eða að endurkomutími umfangsmikilla skriðufalla úr lausum jarðefnum Þófans er talinn styttri en ca. 1000 ár, ef dánarlíkur í slíkum skriðuföllum eru taldar á stærðarþrepinu 30%. Einnig má túlka hættumatið þannig að báðar þessar tegundir skriðufalla komi við sögu með heldur minni líkindum. Ljóst virðist miðað við jarðfræðilegar aðstæður og

niðurstöður margvíslegra rannsókna síðustu 20 ára að þetta mat á endurkomutíma skriðufalla á svæðinu er ekki óraunhæft en vissulega er það undirorpið mikilli óvissu.

Töluverð óvissa ríkir einnig um hættu af völdum þelaurðarinnar undir Strandartindi (upptakasvæði 9) og áhrif bráðnunar sífrerans í urðinni á tíðni skriðufalla. Líklegt er að bráðnunin valdi óstöðugleika á meðan ísinn er að hverfa úr urðinni, sem leiði til aukinnar tíðni skriðufalla, eins og mörg dæmi eru um erlendis og nokkur hérlandis, sjá kafla 4.2. Eftir að ísinn er horfinn má vænta þess að urðin verði stöðugri þegar til langs tíma er lítið. Urðin situr hins vegar ofan á veikum setlögum sem virðast vera orsök skriðufalla úr upptakasvæði 1 og getur það leitt til áframhaldandi skriðufalla úr þessu svæði, einnig eftir að ísinn í urðinni er þiðnaður. Þessi óvissa ýtir frekar undir að C-lína liggi úti fyrir ströndinni við þá farvegi þar sem hættu af völdum sífrerans gætir, þ.e. undir Þófalæk, Hæðarlæk, Hörmungarlæk, Skuldarlæk, og jafnvel einnig Stöðvarlæk.

Með samanburði loftmynda Landmælinga Íslands frá 1955 við nýrri loftmyndir má glögglega sjá hversu mikið skriðuefni hefur verið fjarlægt úr hlíðarfætinum undir Þófa og núverandi undirlendi þar byggt upp á svæði sem skriðufóturinn náði áður til og á landfyllingu þar fyrir utan, sjá mynd 33. Ljóst er að jarðfræðileg ferli munu leitast við að færa landslag á þessu svæði til fyrra horfs. Skriðuföll niður á uppfyllinguna þar sem byggðin stendur nú munu þegar til lengri tíma er lítið fylla upp í skeringuna sem þarna hefur verið grafin inn í hlíðina nema skriðuefnið sé fjarlægt jafnóðum. Mikla nauðsyn ber til þess að bæta öryggi í atvinnuhúsnæði á þessu svæði með varnarvirkjum eða breytingu á landnýtingu til þess að forðast slys og þarf að huga að því í aðgerðaáætlun bæjarins.



Mynd 33. Strandlínan undir Þófa árið 1955 og 2017. Rauðir ferlar sýna útlínur þekktra skriðna. © Landmælingar Íslands og Loftmyndir ehf.

Hætta er á grjóthruni úr brún Þófans. Hætt er við því að stuðlar geti fallið úr klettunum í utanverðum Þófanum en í innanverðum Þófanum má frekar búast við því að rúnnaðir staksteinar sem standa höllum fæti í brún urðarinnar geti oltið fram. Fáar heimildir eru um slíkt hrún en það ratar ógjarnan í heimildir þar sem það veldur oftast nær litlu tjóni og áhrifasvæðið er lítið. Á síðustu

árum hefur verið ráðist í mótvægisáðgerðir til að draga úr hættu af grjóthruni og rásin ofan við veginn sumstaðar verið víkkuð svo hún veitir vatni betur frá veginum og tekur við stærra grjóti sem fellur úr hlíðinni en áður. Einnig hefur efni verið fjarlægt neðst úr klettunum til þess að draga úr grjóthruni. Á svæðum þar sem hætta er á grjóthruni eru yfirleitt aðeins skilgreind A-svæði. Þá er A-línan gjarnan dregin í 25° úthlaupshorni frá upptakasvæði. Vegurinn og svæðið skammt neðan við veginn lenda þannig á A-svæði vegna grjóthruns en þar sem önnur hætta er ráðandi og svæðið allt lendir ofan C-línu er A-lína vegna grjóthruns ekki dregin.

7.3.3 Svæðið á milli Hörmungarlækjar og Búðarár

Upptakasvæði

Upptakasvæði 10 er efst í Hörmungarlæk, undir upptakasvæðum 6 og 9 í Strandartindi. Það spannar hæðarbilið 380–520 m y.s. og halli þar er um 35° (mynd 34). Svæðið er í gildragi í fremur sléttri hlíð þar sem laus jarðefni geta hlaupið fram. Efst í upptakasvæðinu má sjá ummerki um eldri hreyfingu en engin nýleg ummerki eru sjáanleg á yfirborði.

Upptakasvæði 11 er ofarlega í farvegi Skuldarlækjar, ofan við ysta hluta Neðri-Botna, á hæðarbilinu 190–460 m y.s. og er halli á því svæði um 32° . Efsti hluti upptakasvæðisins er tveir grunnir lækjarfarvegir sem teygja anga sína upp á klettabelti í um 460 m y.s. Farvegirnir sameinast í stórt og mikið gil í um 320 m hæð, en í botni gilsins virðist lækurinn hafa grafið sig niður í berggrunninn. Mikið er af auðrjúfanlegu seti í bröttum hlíðum gilsins, sem teygir sig niður í 200 m hæð.



Mynd 34. Upptakasvæði skriðna í innanverðum Strandartindi og utanverðri Botnabrún. Ljósmynd: JKH.

Upptakasvæði 12 er í víðu gili í miðjum farvegi Stöðvarlækjar á hæðarbilinu 210–320 m y.s. Bakkar gilsins eru brattir og auðrjúfanlegir og þar geta skriður hæglega fallið vegna undangraftar lækjarins, sem verður að beljandi á í miklum rigningum. Hlíðin í suðurhluta gilsins er sérstaklega viðkvæm fyrir rofi.

Upptakasvæði 13 er í stóru gili í miðjum farvegi Búðarár á hæðarbilinu 210–320 m y.s. Í norðurjaðri gilsins er brattur hryggur úr auðrjúfanlegum setlögum. Fyrir honum miðjum er áberandi bugða í Búðará. Í miklum rigningum grefur áin undan hryggnum og stórar fyllur geta fallið ofan í ána og stíflað hana. Í suðurjaðri gilsins er mikið af lausum jarðefnum sem geta hlaupið í aftakaúrkomu en sú hlíð er fjær ánni og þar hefur undangröftur minni áhrif. Áin sveigir í gegnum efsta hluta Botnabrúnar. Þar er töluvert af lausum jarðefnum sem hún getur hrifið með sér.

Upptakasvæði 14 og 15 eru í utanverðri Botnabrún á hæðarbilinu 85–170 m y.s. Brúnin er kúpt á löngum kafla og neðan við hana er hlíðin brött. Færri skriðusár en í Botnabrún innanverðri eru á þessum slóðum, sem helgast af því að beggja vegna upptakasvæðanna eru vel afmarkaðir farvegir þar sem vatn á greiða leið niður á láglendi. Efstu lögin sem mynda Neðri-Botna verða því síður vatnsmettuð á þessu svæði en í brúninni innanverðri. Lúpína hefur náð fótfestu í hlíðinni og fyrir vikið er erfiðara að greina breytingar, s.s. sprungumyndun og litlar hreyfingar. Lúpínan veitir hlíðinni ögn meiri stöðugleika með því að binda hluta jarðvegarins en á móti kemur að hætta á að stærri fyllur losni eykst þótt meira þurfi til að koma þeim af stað.

Fallbrautir og úthlaupssvæði

Skriður sem falla úr upptakasvæðum 10–13 fara um farvegi Hörmungar-, Skuldar- og Stöðvarlækja auk Búðarár. Fallbraut skriðna úr upptakasvæðum 14 og 15 byrjar í klettabeltinu sem fossinn í Búðará fellur fram af. Þá tekur við lág brekkan ofan efstu húsa. Varla er hægt að tala um eiginlegt úthlaupssvæði þar sem byggðin stendur við brekkurætur neðan allra farveganna.

Hættumat

Til eru sögulegar heimildir um 14 skriðuföll í farvegum frá Hörmungarlæk að Búðará frá lokum 19. aldar til 2018, sem náð hafa niður í byggð eða í sjó fram, lista yfir skriðurnar er að finna í töflu 13. Sumar þeirra hafa valdið miklu eignatjóni og hús meðal annars eyðilagst. Vafalaust hafa fleiri skriður fallið á þessu tímabili sem valdið hafa litlu tjóni. Byggð hefur verið við sjávarsíðuna á þessum stað frá því á 19. öld og því ættu skriður sem hafa valdið tjóni að rata í heimildir. Gögnin í töflu 13 má nota til að gera sér hugmynd um skriðuvirkni. Virkustu farvegirnir og þeir sem hafa valdið mestu tjóni eru Hörmungar- og Skuldarlækir, í þeim er endurkomutími skriðufalla um 30 ár. Endurkomutími skriðna í Stöðvarlæk er hins vegar nær 60 árum. Skriður í Búðará eru annars eðlis, þar veldur undangröftur árinna því að hún ber fram mikið efni í flóðum. Endurkomutími slíkra flóða eða skriðna í Búðará er nær 15 árum en á síðustu árum hefur lítið efni borist niður á láglendi eftir að grafin var gryfja neðan við fossinn.

Eins og fjallað er um í kafla 7.3.2 þýðir þessi háa tíðni skriðna (stuttur endurkomutími) að ef gert er ráð fyrir 1–2% dánartíðni þá svarar áhættan sem lífi fólks stafar af skriðum úr þessum farvegum til C-svæðis. Undir farvegum liggur C-lína af þeim sökum úti í sjó. Á milli farveganna stjórnast skriðuhættan af upptakasvæðum 14 og 15. Líkur á stórum skriðum úr þeim eru litlar, farvegirnir veita vatni niður úr hlíðinni í úrkomu og leysingum svo litlar líkur eru á að jarðlög verði vatnsósa auk þess sem aukinn gróður eykur stöðugleika. Undir hlíðinni ofan vegar hafa staðið hús a.m.k. frá miðri síðustu öld en engar heimildir eru um skriður utan farvega. Þarna

Tafla 13. Skriður sem náð hafa byggð á svæðinu á milli Hörmungarlækjar og Búðarár.

Dagsetning	Farvegur	Lýsing
8/1897	Skuldarlækur	Skriða úr Skuldarlæk olli skemmdum á húsum.
14/1 1903	Hörmungarlækur	Aurskriða úr Hörmungarlæk náði út í sjó.
14/9 1935	Hörmungarlækur	Aurskriða úr Hörmungarlæk olli gríðarlegu tjóni á húsum og öðrum mannvirkjum.
14/9 1935	Hörmungarlækur	Skriða úr Hörmungarlæk olli tjóni á Pöntunarhúsinu.
15/9 1935	Skuldarlækur	Skriða úr Skuldarlæk skemmdi fisk og fiskigeymslur sem stóðu niður í fjöru.
30/9 1958	Stöðvarlækur	Skriða úr Stöðvarlæk olli tjóni á húsi, vegi og lóðum.
30/9 1958	Skuldarlækur	Skriða úr Skuldarlæk olli eignatjóni.
25/8 1974	Búðará	Skriða úr Búðará barst niður á túnið ofan við Hafnargötu 6.
12/8 1989	Búðará	Skriða úr Búðará barst niður á túnið ofan við Hafnargötu 6.
12/8 1989	Stöðvarlækur	Skriða úr Stöðvarlæk náði niður í sjó og olli tjóni á húsi og bifreiðum.
12/8 1989	Hörmungarlækur	Skriða féll úr Hörmungarlæk.
12/8 1989	Skuldarlækur	Skriða féll úr Skuldarlæk.
2/10 2001	Búðará	Aurskriða úr Búðará barst með ánni niður í sjó.
25/6 2017	Búðará	Lítil aurskriða í Búðará nam staðar í gryfjunni neðan við fossinn.

er C-lína teiknuð í hlíðarfætinum og ræðst hún raunar að mestu leyti af snjóflóðahættu. A- og B-línur eru teiknaðar 1 og 2 rennslistigum utan við C-línu, þar sem það á við.

7.3.4 Svæðið vestan Búðarár: Neðri-Botnar og Botnabrún

Upptakasvæði

Upptakasvæði 16 og 18 eru í Botnabrún innan við Búðará og að Dagmálalæk, á hæðarbilinu 85–170 m y.s. (mynd 35). Efsti hluti brúnarinnar er kúptur en neðan við brúnina er hlíðin brött. Líkt og í utanverðri Botnabrún eru þarna fjölmargar gamlar sprungur, litlir bollar og lækjarfarvegir. Í kjölfar mikilla rigninga og leysinga, þegar grunnvatnsstaða verður há, rennur vatn á þéttum lögum í efri hluta setlagastaflans skammt neðan við brún og fram af klettunum í neðsta hluta Neðri-Botna. Mismikið vatn rennur um þessi lög en vatnsmagnið ræðst af vatnasviðinu ofan við brúnina. Þegar grunnvatnsstaða hefur verið há í nokkurn tíma geta sprungur myndast í brúninni og skriður fallið í kjölfarið. Lúpína hefur náð fótfestu í hlíðinni og fyrir vikið er erfiðara að greina breytingar í hlíðinni, s.s. sprungumyndun eða hreyfingu í brúninni, en á móti veitir lúpínan hlíðinni meiri stöðugleika með því að binda hluta jarðvegarins.

Upptakasvæði 17 er allur efri hluti Nautaklaufar í innanverðri Botnabrún, á milli upptakasvæða 16 og 18, á hæðarbilinu 75–160 m y.s. Meðalhalli upptakasvæðisins er frekar lágur, eða um 18°. Efri mörk svæðisins markast af efsta hluta lægðarinnar, eða brotsársins sem myndaðist í kjölfar forsögulegu skriðunnar sem fjallað var um í kafla 4.1. Jarðvegurinn í lægðinni getur verið mjög rakur eftir miklar rigningar og/eða leysingar, mun rakari en annars staðar í Neðri-Botnum, vegna þess að lægðin veldur því að grunnvatnsflötur liggur nær yfirborði en annars staðar. Gróður sem



Mynd 35. Upptakasvæði skriðna í Neðri-Botnum og innanverði Botnabrún. Ljósmynd: JKH.

Þrífst í lægðinni er rakasækin mýrargróður og bendir það til þess að grunnvatnsstaðan í lægðinni sé hærri en annars staðar í Neðri-Botnum þar sem gras, lúpína og runnar þrífast vel.

Upptakasvæði 19 er teiknað í innsta hluta Neðri-Botna, nánar tiltekið innan við upptakasvæði 18 og utan við Dagmálalæk, á hæðarbilinu 100–145 m y.s. Meðalhalli svæðisins er frekar lágur, eða um 14° . Upptakasvæðið er teiknað meðfram dældinni (skriðusárinu) í Botnabrún sem myndaðist eftir forsögulegu skriðuna sem féll fyrir um 4500 árum. Líkt og í upptakasvæðinu í Nautaklauf getur jarðvegurinn í lægðinni orðið vatnsmettaður í kjölfar mikilla rigninga og leysinga þar sem stutt er niður á grunnvatnsflöt. Þetta á sérstaklega við um fremsta hluta brúnarinnar í utanverðu upptakasvæðinu, en þar getur myndast lítil tjörn í miklum rigningum.

Fallbrautir og úthlaupssvæði

Fallbraut skriðna úr upptakasvæði 16 byrjar í klettabelti í ytri hlutanum og við tekur lág brekka ofan efstu húsa, en í innri hlutanum hverfur klettabeltið. Skriður úr upptakasvæði 17 í Nautaklauf eiga upptök svo nálægt byggðinni að erfitt er að tala um eiginlega fallbraut. Sama gildir um upptakasvæði 18. Skriður úr upptakasvæði 19 í Klauf fylgja lægðinni sem myndaðist eftir forsögulegu skriðuna. Byggðin stendur í brekkurótum meðfram endilangri hlíðinni og því er ekki um eiginlegt úthlaupssvæði að ræða fyrir nokkurt upptakasvæðanna.

Hættumat

Til eru sögulegar heimildir um 9 skriður í farvegum Búðarár og inn að Dagmálalæk frá lokum 19. aldar til 2018, sem náð hafa niður að núverandi byggð. Sumar þeirra hafa valdið eignatjóni en aðrar aðeins óþægindum. Byggð hefur verið undir ytri hluta Botnabrúnar frá því í lok 19. aldar en byggð undir innri hluta Botnabrúnar er frá því um miðja 20. öld. Af gömlum ljósmyndum og loftmyndum að dæma er ljóst að fjöldi skriðna hefur fallið úr hlíðinni á fyrri hluta 20.

Tafla 14. Skriður sem náð hafa byggð á svæðinu á milli Búðarár og Dagmálalækjar og hlíðinni þar næst fyrir innan.

Dagsetning	Farvegur	Lýsing
um 1925	Botnahlíð	Skriða úr Botnabrún féll niður á tún.
14–15/9 1935	Botnahlíð	Skriða úr Botnabrún skemmdi tún.
14–15/9 1935	Botnahlíð	Skriða úr Botnabrún skemmdi hey og tún.
1964–1970	Nautaklauf	Skriða úr Nautaklauf nam staðar ofarlega í hlíðinni, þar sem ystu húsin í Botnahlíð standa nú.
um 1977	Botnahlíð	Skriða úr Botnabrún nam staðar skammt neðan við kletta.
25/9 1981	Botnahlíð	Þrjár skriður féllu úr innanverðri Botnabrún, tvær þeirra námu staðar skammt ofan við byggð en ein olli tjóni á garði og húsi efst í Botnahlíð.
2/10 2001	Þórsmörk	Tvær jarðvegsfyllur sprungu fram skammt frá rafstöðinni við Ytri-Hádegisá.
2/10 2001	Nautaklauf	Lítill fylla í Nautaklauf sprakk fram.
11/11 2002	Botnahlíð	Skriða féll á hús og niður undir veg.
11/11 2002	Botnahlíð	Lítill skriða féll úr Botnabrún innan við Nautaklauf.
11/11 2002	Botnahlíð	Skriða féll niður undir byggðina.
11/11 2002	Botnahlíð	Lítill skriða féll úr Botnabrún en olli engu tjóni.
15/11 2014	Nautaklauf	Lítill skriða féll úr ytri hluta Nautaklaufar en olli engu tjóni.

aldar á svæðinu milli Nautaklaufar og Klaufar. Flestar þeirra hafa líklega verið litlar og eru því takmarkaðar heimildir til um þær.

Eins og fram kom í kafla 4.2 sjást ummerki um stórar skriður á yfirborði Neðri-Botna sem og í könnunargryfjum í bænum, sem benda til þess að allmiklar fyllur hafi hlaupið langt niður á jafnsléttu eða í sjó fram. Ummerkin sumra þeirra sjást vel á dýptarkortum sem gerð voru af firðinum. Afar erfitt er að meta endurkomutíma slíkra skriðufalla og er því illmögulegt að leggja fram tölulegt mat á áhættu sem af þeim leiðir. Sprungur í lausum jarðlögum sem mynduðust haustið 2002 eru skýr vísbending um þessa hættu.

Hættumatið fyrir byggðina vestan Búðarár byggir á því að þrenns konar tegundir skriðna séu ráðandi um hættuna.

1. Hætta vegna mjög stórra skriðna á borð við þær fjórar forsögulegu skriður sem ummerki hafa fundist um í gryfjum. Tvær þeirra féllu um sama svæði undir Nautaklauf með um hundrað ára millibili fyrir 1300–1400 árum. Hinar tvær féllu fyrir um 4500 árum innan og utan við yngri skriðurnar en fóru að hluta til um sama svæði, sú innri féll væntanlega úr Klauf en sú ytri kann að hafa fallið úr Búðará þó það sé meiri óvissu undirorpið. Þegar á heildina er litið virðast skriður af þessari gerð hafa farið yfir stóran hluta svæðisins frá Botnabrún niður að Fjarðará eða ströndinni. Því er gert ráð fyrir að endurkomutíma slíkra skriðufalla á hverjum stað á þessu svæði undir Botnabrún sé um 2500 ár. Sökum þess að efnismagn lausra jarðefna við Búðará nú virðist ekki nægt til þess að þar falli mjög stór skriða, er miðað við minni skriðu þar en fyrir Nautaklauf og Klauf þar sem er að finna nægt fóður í stórar skriður. Skriðurnar hafa verið nokkuð hraðfara svo að við efstu

hús, þar sem landhalli er um 10° gætu dánarlíkur verið á við það sem gerist í snjóflóðum, en þó líklega ívið minni, e.t.v. 20–30%. Þar neðan við er gert ráð fyrir að dragi hratt úr dánarlíkum, og eru þær metnar um 10% nokkru neðan efstu húsa ca. niður í miðja byggð en 1% þar neðan við neðst á úthlaupssvæði skriðnanna nærri Fjarðará og sjó. Í skriðuhættumati fyrir Kjalarnes frá 2014 var miðað við að dánarlíkur í skriðuföllum sem skilja eftir sum ummerki af þessum toga væru á stærðarþrepinu 10%.

- Miðað við 30% dánarlíkur og 2500 ára endurkomutíma fæst árleg staðaráhætta vegna skriðufalla af þessari gerð 1.2 á móti 10 000.
- Miðað við 10% dánarlíkur og 2500 ára endurkomutíma fæst árleg áhætta 0.4 á móti 10 000.
- Miðað við 1% dánarlíkur og 2500 ára endurkomutíma fæst árleg áhætta 0.04 á móti 10 000.

Efstu hús lenda því á B-svæði vegna þessarar hættu, næstu hús neðan við á A-svæði, en þar neðan við er áhættan innan viðunandi marka.

2. Hætta vegna allstórra aurskriðna líkt og féllu víða á Kjalarnesi 1886 (sjá Jón Kristinn Helgason o.fl., 2014). Þessum skriðum svipar að nokkru leyti til stærstu skriðufalla í Þófa-læk síðustu áratugi. Í gryfjum sem teknar voru víðsvegar um byggðina (Óskar Knudsen og Guðrún Larsen, 2013) fundust 2–30 cm þykk malarlög sem myndast hafa í aurskriðum á sögulegum tíma, eða á síðustu 1150 árum. Flest voru þau 6 talsins í gryfju SG-22 (við Túngötu 13, sjá mynd 6), tvö fundust í gryfju SG-21 neðan við Múlaveg 53 rétt austan við Dagmálalæk, þrjú í SG-24 (á leikvelli bak við Austurveg 34 og Bakkaveg 3) og í gryfju SG-25 (sunnan við bakka Búðarár við gatnamót Austurvegar, Hafnargötu og Fossgötu) fannst eitt lag ofan öskunnar úr Öskjugosinu frá 1875 en þar reyndist ekki unnt að grafa neðar en rúman metra áður en komið var á grunnvatnsborð. Skriður sem þessar hafa að öllum líkindum fallið mun oftast en sniðin úr gryfjunum gefa til kynna (Óskar Knudsen og Guðrún Larsen, 2013). Á þeim forsendum er hér miðað við mestu tíðni sem sést í gryfjum í líklegustu skriðufarvegum, Klauf, Nautaklauf og við Búðará, þ.e. 6 skriður á 1150 árum, sem svarar til endurkomutíma upp á 200 ár. Skriður sem þessar eru venjulega ekki mjög mikil ógn við líf fólks samanborið við snjóflóð og hraðfara stórar skriður þó þær geti valdið mikilli röskun og talsverður eignatjóni. Gera má ráð fyrir því að dánarlíkur séu hugsanlega nokkrar allra efst þar sem hlíðinni sleppir og landhalli tekur að minnka, svo miðað er við 10% við efstu húsaröð. Þar neðan við falla dánarlíkur hratt niður í 1% sem er í samræmi við dánarlíkur sem miðað var við fyrir skriðuföll af þessum toga í fyrrgreindu hættumati fyrir Kjalarnes.

- Miðað við 10% dánarlíkur og 200 ára endurkomutíma fæst árleg staðaráhætta 5 á móti 10 000.
- Miðað við 1% dánarlíkur og 200 ára endurkomutíma fæst árleg áhætta 0.5 á móti 10 000.

Efstu hús, einkum nærri meginfarvegum, lenda þannig á C-svæði og næstu húsin neðan við á A-svæði vegna þessarar tegundar skriðna.

3. Hætta sem lífi fólks er búin vegna enn minni aurskriðna, líkt og t.d. hafa fallið úr utanverðri Botnabrún á þessari öld og mörg dæmi eru um að fallið hafi á efstu hús á Seyðisfirði, er miklu minni en fyrir stærri skriðurnar og óveruleg í samanburði við þær, e.t.v. á stærðarþrepinu 1‰ ofarlega í byggðinni. Eitt dæmi er þó um dauðsfall í skriðu af þessum toga hér á landi á 20. öld (á bænum Hjalla í Kjós árið 1955, sjá Halldór G. Pétursson, 1992). Ef hús er reist þar sem endurkomutími skriðufalla af þessari gerð er á stærðarþrepinu nokkrir áratugir má ætla að staðaráhætta sé ekki fjarri þeim mörkum sem talin eru viðunandi skv. hættumatsreglugerð. Skriðuföll af þessari tegund hafa því ekki mikil áhrif á legu hættumatslína, en geta leitt til skilgreiningar á A-svæði næst hlíðinni þar sem ummerki og skriðusaga bendir til þess að tíðnin sé mest. Hins vegar er eðlilegt að tekið sé tillit til þeirra við gerð varnarmarka vegna þeirra röskunar sem þær geta valdið og eignatjóns.

C-lína er dregin með hliðsjón af hættunni af völdum skriðna af tegund 2, og að vissu marki einnig vegna skriðna af tegund 1 allra næst hlíðinni, þannig að efstu hús lenda á C-svæði. Frá Búðará fer hún yfir Fossgötu og ofan við Austurveg 56 og liggur ofan byggðar að Nautaklauf. Þar er teiknuð tunga um lækinn sem liggur úr Nautaklauf. Frá enda Baugsvegar liggur hún að Bröttuhlíð 5, fer yfir götuna og á milli húsa 6 og 8, og húsa 4 og 6 við Botnahlíð. Hún fer svo á milli húsa 5 og 7 við Botnahlíð tekur sveig ofan húsa 7–11 og fer niður fyrir húsin ofan götu á milli Botnahlíðar 11 og 13. Þá fylgir hún götunni að húsi númer 28, sveigir niður fyrir hús 30 og 32 að Dagmálalæk. Löng tunga liggur síðan niður Dagmálalæk sem endar mitt á milli Múlavegar og Garðarsvegar. Ástæðan fyrir því að húsin við Botnahlíð 7–11 eru ekki á C-svæði er að landslag milli Nautaklaugar og Klaugar hefur tilhneigingu til þess að beina skriðum frá þessu svæði.

B-lína er dregin u.þ.b. tveimur húsaröðum neðan C-línu. Gert er ráð fyrir að hraði skriðna lækki frá hlíðinni þannig að dánarlíkur í skriðum af tegund 1 séu komnar niður fyrir 10% á þessum stað og dánarlíkur í skriðum af tegund 2 niður fyrir 1%. Að þessu gefnu má ætla að staðaráhættan sé á því stærðarþrepi sem svarar til B-línu. Línan er dregin lengst frá hlíðinni í meginfarvegnum og ofar milli þeirra.

A-lína er dregin með hliðsjón af hættunni annars vegar vegna stórra skriðna af tegund 1 (dánarlíkur geta verið af stærðargráðunni 10% ca. niður í miðja byggðina) og hins vegar vegna skriðna af tegund 2. Eins og fjallað er um að ofan svarar útbreiðsla síðarnefndu skriðnanna til A-hættusvæðis nema allra efst. Staðsetning gryfja gefur hugmynd um lágmarksútbreiðslu, og er A-lína dregin aðeins neðan við þær. Lögun A-línunnar tekur mið af meginskriðufarvegnum og líklegri lögun forsögulegu skriðutungnanna fjögurra sem sýndar eru á mynd 6.

Það kann að skjóta skökku við að A-lína samkvæmt hættumatinu sem hér er lagt fram liggur um 200 m ofar en ummerki sýna að skriðuföll á síðustu árpúsundum hafa náð. Þetta endurspeglar það sjónarmið hættumatsreglugerðar að miða hættusvæði við áhættu en ekki stærstu svæði sem hugsanlega geta verið í hættu þegar til mjög langs tíma er litið. Þannig stendur hluti byggðar á Reykjavíkursvæðinu á hraunum sem runnið hafa á nútíma og hluti byggðar í Landeyjum þar sem hamfarajökulhlaup úr Mýrdalsjökli hafa farið yfir á síðustu árpúsundum. Þegar endurkomutími telst í árpúsundum þarf talsvert háar dánarlíkur til þess að áhætta fari yfir þau mörk sem ofanflóðahættusvæði miðast við skv. reglugerð. Þrátt fyrir þetta er full ástæða til þess að taka hættu af völdum skriðufalla í suðurbænum á Seyðisfirði mjög alvarlega, einnig á svæðinu neðan hættulínunnar niður í Fjarðará og að ströndinni. Eðlilegt er að miða viðbúnað og varnaraðgerð-

ir við þann ólíklega möguleika að mjög stórar skriður eru hugsanlegar á þessu svæði, jafnvel niður fyrir hættusvæðin sem hér eru skilgreind. Slíkur viðbúnaður er í samræmi við viðbúnað almannavarna á Suðurlandi við jökulhlaupum í Markarfljóti en neyðaráætlun miðast við slík hlaup þó einstaklingsáhætta af þeirra völdum sé líklega minni en talið er viðunandi í hættumatsreglugerð um ofanflóð. Hér er því komist að þeirri niðurstöðu að nýta megi landsvæðið milli A-línunnar og Fjarðarár fyrir íbúðabyggð, þrátt fyrir að stórar skriður geti runnið yfir svæðið, vegna þess að tíðni slíkra skriðufalla er svo lág að unnt sé að setta sig við slíka hættu miðað við þau mörk sem sett eru í hættumatsreglugerð. Eðlilegt er að áhætta sem með þessu er tekin sé minnkuð eins og kostur er með ofanflóðavörnum og viðbúnaði þó ekki sé gerð krafa um það skv. reglugerð.

Efstu 5 íbúðarhúsum (Botnahlíð 5–13) sem standa í utanverðri Botnahlíð getur stafað hætta af grjóthruni úr klettunum ofan við húsin. Engar heimildir eru um slíkt hrún en skammt ofan við húsin má sjá jarðfræðileg ummerki grjóthruns á yfirborði, eða staksteinum á víð og dreif. Á síðustu áratugum hefur háreistur og þéttur gróður vaxið ofan húsanna og getur það dregið úr úthlaupi grjóthruns. Venjan er að skilgreina eingöngu A hættusvæði vegna grjóthruns og er A-lína yfirleitt miðuð við 25° úthlaupshorn frá efri brún upptaksvæðis. Á þessu svæði er hætta vegna annarra skriðufalla ráðandi og miðast hættumatslínur við það. Sjálfsagt er að taka þessa hættu til greina þegar hannaðar eru varnir fyrir svæðið.

Rúmmál stórra skriðna

Flatarmál forsögulegu stórscriðnanna A, B, C og D undir Neðri-Botnum er á stærðarþreppinu 100 þús. m² fyrir hverja skriðu og þykkt þeirra í rannsóknargryfjum er ca. á bilinu 0.5–1.5 m, og í einu tilviki 2.5 m, sbr. mynd 6. Jarðlagakönnun í hlíðinni bendir til þess að næg laus jarðefni séu upp af Nautaklauf og Klauf til þess að þar geti aftur fallið stórar skriður en ekki eru sambærilegar vísbendingar um umfangsmikil laus jarðlög við Búðará þar sem mjög stórar skriður geta átt upptök. Á grundvelli þessarar vísbendinga er talið að stórar skriður úr Nautaklauf og Klauf við aftakaaðstæður gætu orðið á stærðarþreppinu 50–150 þús. m³, en úr Búðargili 30–50 þús. m³. Þessar tölur eru gróft mat byggt á fyrirbyggjandi vísbendingum og ber því að taka með fyrirvara. Þær geta haft þýðingu fyrir mat á varnaraðgerðum sem til greina koma fyrir byggðina undir Neðri-Botnum.

7.3.5 Óvissa

Óvissa í endurskoðaða skriðuhættumatinu sunnan Fjarðarár er metin 2 sökum þess að ógerlegt er að byggja matið á formlegri áhættugreiningu og forsendur matsins eru um margt óvissari en fyrir mat á snjóflóðahættu. Hætta af völdum þiðnandi þelaurðar hefur ekki áður verið metin hér á landi og mat á áhættu af völdum umfangsmikilla skriðufalla úr Þófanum eða Neðri-Botnum er erfitt vegna óvissu um tíðni slíkra skriðna og dánarlíkur fólks sem fyrir þeim verður.

8 Niðurstaða

Ofanflóðasaga Seyðisfjarðar er umfangsmikil og þar hafa orðið mannskæð slys bæði í snjóflóðum og skriðum. Byggðin er enda umlukin bröttum fjöllum, til norðurs stendur Bjólfur þar sem stór snjóflóð hafa átt upptök og ofan við sunnanverðan bæinn rís Strandartindur þar sem skriður hafa valdið mikilli eyðileggingu. Hættumat fyrir Seyðisfjörð var gefið út árið 2002 og staðfest af ráðherra sama ár. Margvíslegar jarðfræðirannsóknir á árunum 2003–2017 leiddu í ljós að stórar forsögulegar skriður hafa fallið yfir svæðið þar sem suðurhluti Seyðisfjarðarbæjar stendur nú og er það megintilefni endurmatsins sem nú hefur farið fram. Seyðisfjarðarbær óskaði að auki eftir því að hættan undir Strandartindi yrði greind nánar til þess að kanna hvort þar væru einhver svæði í minni hættu en áður var talið, því strandlengjan er á C-svæði inn fyrir Skuldarlæk skv. hættumatinu frá 2002 og þar fer fram mikilvæg atvinnustarfsemi.

Snjóflóðahætta í sunnanverðum bænum hefur verið endurmetin og tvívíðir líkanreikningar keyrðir með betra landlíkani og uppfærðum hugbúnaði. Helstu niðurstöður eru að snjóflóð í hlíðum Strandartinds hafa ríka tilhneigingu til þess að halda sig við farvegi og einungis allra stærstu flóð breiða að einhverju marki úr sér upp úr farvegum. Vegna aðstæðna og með hliðsjón af snjóflóðasögu eru stór flóð hins vegar talin ólíkleg. Þessar niðurstöður leiða til þess að C-lína vegna snjóflóða færist nær fjalli á svæðum milli farvega undir innanverðum Þófa í stað þess að C-lína liggi úti fyrir ströndinni inn fyrir Skuldarlæk. Að öðru leyti eru breytingar á hættumati vegna snjóflóða litlar. Í flestum tilfellum er skriðuhætta ráðandi um legu hættumatslína í sunnanverðum bænum innan við Þófa.

Í nýja hættumatinu hefur verið gerð ítarleg grein fyrir skriðuhættu í sunnanverðum bænum og söguleg gögn greind til þess að leggja tölulegt mat á áhættu einstaklinga vegna hennar. Undir Strandartindi er lítil breyting frá fyrra hættumati að því leyti að allt atvinnusvæðið undir Þófa er áfram á C-svæði skv. nýja matinu, en ítarlegri grein er gerð fyrir svæðum nærri helstu skriðufarvegum undir Þófa þar sem hætta er mest samanborið við svæðin milli farveganna þar sem hætta er minni.

Hættusvæði undir Neðri-Botnum stækka talsvert frá fyrra mati vegna þess að hætta af völdum stórra skriðna úr þykkum, lausum jarðlögum er talin meiri en áður var miðað við. Í nýja hættumatinu lenda 29 íbúðarhús undir Botnabrún og Botnahlíð á C-svæði, en áður var ekkert íbúðarhús á C-svæði vestan við Nautaklauf. B-svæðið færist nokkuð neðar í bæinn og á því eru 42 íbúðarhús. A-svæði verður umtalsvert stærra en áður, sérstaklega undir Búðará, Nautaklauf og Klauf þar sem upptakasvæði forsögulegu skriðnanna voru, og eru þar 71 íbúðarhús. Á C-svæði eru auk þess 17 aðrar byggingar, 8 á B-svæði og 4 á A-svæði. Þessar tölur eiga við allan bæinn sunnan Fjarðará, frá Dagmálalæk og út fyrir Þófa.

Nýja matið kallar á varnaraðgerðir fyrir íbúðabyggðina í suðurbænum á Seyðisfirði vegna hættu á stórum skriðum úr Neðri-Botnum. Einnig er brýnt að bæta öryggi á atvinnusvæðinu undir Strandartindi með varnarvirkjum eða breytingu á landnýtingu til þess að draga þar úr slysaþættu.

9 Vestdalseyri

9.1 Byggðarsaga

Byggð á Vestdalseyri hófst á svipuðum tíma og á Fjarðaröldu, þegar kaupmennirnir Örum og Wulff hófu þar verslunarrekstur árið 1851. Fyrst um sinn þróaðist íbúafjöldi á stöðunum tveimur í takt en árið 1884 voru íbúar á Vestdalseyri og í Vestdal 210 en um 300 manns áttu heimili á Fjarðaröldu. Sóknarkirkja Seyðfirðinga var flutt frá Dvergasteini til Vestdalseyrar árið 1882 og stóð hún þar til ársins 1922 þegar hún var flutt á Fjarðaröldu. Árið 1872 keypti Gránufélagið verslunarhúsin og rak það verslun á Vestdalseyri í hálfa öld. Á blómatíma verslunarinnar var mikill uppgangur á eyrinni og þar voru auk verslana, verksmiðjur, skóli, kirkja og prentsmiðja. Seinna tók að halla undan fæti og árið 1936 stóðu verslunarhúsin tóm og atvinnuleysi var mikið. Byggð á Vestdalseyri lagðist loks af árið 1963 eftir rúmlega 100 ára samfellda byggð.

Byggðin á Vestdalseyri var þéttust á eyrinni sunnan árinna. Býlið Foss stóð á hjallanum ofan eyrarinnar og á klifi norðan Vestdalsár stóð bærinn Vestdalur, sem var innsti bær á norðurströnd Seyðisfjarðar. Leiddar hafa verið að því líkur að dóttir Bjólfs, sem nam land í Seyðisfirði, hafi búið í Vestdal með manni sínum, Ána hinum ramma, en engar heimildir eru því til staðfestingar. Hins vegar eru heimildir um að búið hafi verið á Vestdal á 14. öld. Á Grýtuáreyri norðan við Vestdal var um tíma býli en það fór í eyði 1938. Utar í firðinum standa Dvergasteinn, Sunnuholt, Selsstaðir og Brimnes auk eyðibýlanna Kolsstaða, Borgarhóls og Brimnes hjáleigu. Þar fyrir utan var býlið Sléttanes, sem skriða féll á árið 1716 og var ekki búið þar eftir það. Dvergasteinn og Brimnes voru stórbýli á 18. öld og með fjölmennustu heimilum á Austurlandi. Sóknarkirkjan var löngum staðsett á Dvergasteini þar til hún var flutt á Vestdalseyri. Á Brimnesi var stunduð mikil útgerð og um tíma var þar byggðahverfi (Brimnesbyggð).

9.2 Staðhættir

Vestdalseyri liggur við mynni Vestdals, þar sem Vestdalsá rennur til sjávar. Eyrin er 250–350 m breið og um 200 m að lengd frá norðri til suðurs, þar taka við tveir hjallar sem áin rennur fram af í fallegum fossum í vel afmörkuðu gili.

Ofan Vestdalseyrar rís fjallið Grýta og nær mest 1154 m hæð í Sandhólatindi, en það er innsti og hæsti tindur Grýtu og jafnframt hæsta fjall Seyðisfjarðar. Grýtukollur (1053 m) er fyrir miðri Grýtu og neðan hans sker mikið gljúfur fjallshlíðina, Grafargil, og í því rennur Grýtuá til sjávar. Ysti hluti Grýtu nefnist Grýtubrjóst en þar gengur Kolstaðadalur inn í fjallgarðinn og um hann rennur Selsstaðaá. Neðan Sandhólatinds og Grýtukolls tekur við flatur stallur, um 500–600 m breiður vestast en mjókkar eftir því sem austar dregur og er um 200 m breiður undir Grýtukolli. Hlíðar Sandhólatinds ofan 700 m hæðar y.s. eru skriðurunnar, brattastar neðst en ofar dregur úr halla. Á milli Sandhólatinds og Grýtukolls gengur dalur inn til norðausturs. Neðri hluti Grýtukolls er hömrum girtur en ofan klettabeltisins tekur við brött skriðurunnin brekka og frá 950 m y.s. dregur úr halla þar til toppi er náð.

Stallurinn undir tindunum er setfylla frá því að jöklar ísaldar lágu í firðinum. Þetta eru leifar hliðargarða sem mynduðust milli fjallshlíðar og skriðjökulsins við það að set hlóðst upp. Setfylluna má rekja allt frá Bjólfi og að Brimnesi og úr henni hafa fallið miklar skriður, t.d. rétt innan við Selsstaði í byrjun október 1985. Einnig eru ummerki um eldri og efnismiklar skrið-

ur á svipuðum slóðum, sem og ofan við Dvergastein og Sunnuholt (Þorsteinn Sæmundsson & Halldór G. Pétursson, 1999).

Neðan setfyllunnar eykst bratti hlíðarinnar og er hún brotin upp af láréttum klettabeltum en á milli þeirra nokkuð grónar brekkur. Hlíðin er skorin farvegum sem flestir eru tiltölulega grunnir. Frá vestri til austurs, eftir því sem nær dregur Grafargili, verður hlíðin samfelldari og minni klettabeltin eru að mestu hulin skriðum.

Neðan ca. 300 m dregur jafnt og þétt úr halla niður í Vestdal og er landslagið fremur flatt frá 120 m y.s. í 70 m y.s. þar sem Vestdalur gengur inn til vesturs. Neðan Vestdals, frá Háubökkum að Vestdalseyri, tekur um 50 m hár bakki við niður að sjávarmáli. Bakkin samanstandur af hraunlögum og mynda þau tvö klettabelti sem Vestdalsáin rennur fram af í fossum. Utan við Vestdalseyri er hlíð Grýtu samfelldari og dregur jafnt og þétt úr halla allt niður að sjávarmáli.

9.3 Ofanflóðasaga

Þónokkrar heimildir eru um ofanflóð við norðanverðan Seyðisfjörð þótt ekki séu sagnir um að þau hafi fallið á sjálfa eyrina, að undanskildu litlu jarðfalli árið 2002. Snjóflóðasaga til ársins 2002 er tekin saman í greinargerðinni *Snjóflóðasaga Seyðisfjarðar* (Kristján Ágústsson o.fl., 2002). Elstu heimildir um snjóflóð við norðanverðan Seyðisfjörð eru frá 1732 þegar flóð féll á bæinn Brimnes og í sjó fram, braut hús og drap búpening. Fórust 9 heimilismanna í flóðinu og aðrir 9 slösuðust. Frá þeim tíma hafa flestir bæir við norðurströndina orðið fyrir tjóni vegna ofanflóða og sumir oftast en einu sinni. Á Brimnes féll snjóflóð aftur 1914 og braut hús, árið 1974 féll flóð yfir bæjarrústirnar og það gerðist aftur nokkru síðar en ártal er ekki þekkt. Á Selsstöðum brutu snjóflóð hús árið 1974 og 1988, og árið 1997 stöðvaðist flóð 3–400 m frá íbúðarhúsinu. Í landi Dvergasteins féll snjóflóð árið 1894 og skemmdi hús, en líklega var það á eyðibýlinu Kolstöðum á milli Dvergasteins og Selsstaða. Í landi Vestdals hafa snjóflóð einnig valdið tjóni, árið 1894 féll flóð á íbúðarhús og árin 1930 og 1941 féllu flóð í sjó fram og brutu hús og drápu fé. Í því fyrra lentu 3 menn en sluppu ómeiddir. Þessi flóð komu líklega öll úr Grafargili, en það virðist vera virkasti farvegurinn í Grýtu.

Frá því að snjóathugunarmaður tók til starfa á Seyðisfirði árið 1995 eru flestöll ofanflóð á þessu svæði skráð í sameiginlegan gagnagrunn Veðurstofu Íslands og Náttúrufræðistofnunar Íslands og útlínur þeirra teiknaðar ef kostur er. Þær eru sýndar á korti 12 aftast í skýrslunni. Skráningar í gagnagrunninum sýna að snjóflóð eru tíð eftir endilangri fjallshlíð norðanverðs Seyðisfjarðar, frá Afréttartindi á Vestdal út fyrir Brimnes. Frá árinu 2008 hafa verið nánast árlegar skráningar, gjarnan 1–4 flóð hvern vetur. Veturnir tveir frá 2012–2014 skáru sig þó úr og voru alls 12 og 16 skráningar þá vetur. Margar skráninganna eru fyrir fleiri en eitt flóð í einu. Í sumum tilfellum er um hrínur að ræða þar sem margar skráningar eru fyrir sama dag og hafa þá fallið flóð víða í firðinum. Flest þessara flóða ná ekki alla leið niður á láglendi heldur stöðvast ofan 200 m hæðar. Flóð sem ná niður fyrir 200 m hæð eiga flest upptök í Grýtu, frá Sandhólatindi og aðeins út fyrir Grafargil og er í flestum tilfellum um þurr flekaflóð að ræða. Þar utan við eru flestar skráningar á flóðum sem ná niður fyrir 200 metrana vot flekaflóð. Að einu undanskildu eru öll þessi flóð frá árabílinu 2012–2014. Stærsta flóðið úr Grýtu frá því að samfelld skráning hófst féll 3. nóvember 2012. Þá brotnaði fleki eftir endilangri brún Grýtukolls út fyrir Dvergastein. Lengsta flóðtungan kom úr Grafargili og náði niður í um 120 m hæð, í um 550–600 m fjarlægð frá sjó.

Skriðuhætta við norðanverðan Seyðisfjörð tengist helst setfyllunni, sem fjallað var um í kafla

9.2 um staðhætti. Í ofanflóðagagnagrunninum eru 15 skráningar á skriðum, sú elsta frá 1716 þegar bærinn Sléttanes fór í grjótskriðu og lagðist við það í eyði. Aurskriður hafa gjarnan spillt túnum og engjum en einnig brotið byggingar, rafmagns- og símastaura, eyðilagt vegi, girðingar og skurði. Af skráningunum 15 eru 7 skriður sem féllu ofan Selsstaða og tvær að auki sem féllu í Selstaðabrekkum utan við Selsstaði og fóru þær báðar í sjó fram. Við Dvergastein og Sunnuholt hafa fallið 3 skriður svo vitað sé.

Einungis ein skráning er til um skriðu sem fallið hefur á Vestdalseyri. Það var árið 2002 þegar að lítil jarðvegsfylla sprakk fram úr bakkanum ofan við eyrina, skammt ofan við rústir gamla samkomuhússins. Skriðan féll í kjölfar mikilla leysinga og úrkomu en olli engu tjóni. Einnig er rétt að nefna að heimildir vitna um að dagana 16.–23. september 1901 hafi miklar rigningar og vatnavextir verið á Seyðisfirði. Sagt er að víða hafi aurskriður fallið og tekið var fram að brúna yfir Vestdalsá hafi tekið af í vatnavöxtum en ekki getið um annað tjón.

Tekin hefur verið saman saga skriðufalla á Seyðisfirði, 1882–1997 (Halldór G. Pétursson & Þorsteinn Sæmundsson, 1998). Þar er fjallað um skriður úr hjallanum sem er að uppruna hliðarurð skriðjökuls sem lá í firðinum á síðasta jökulskeiði, eins og fyrr var nefnt. Töluverð hætta getur stafað af þessum skriðum vegna þess hve efnismiklar þær geta orðið. Flestar hafa þessar skriður í norðanverðum Seyðisfirði fallið í nágrenni við bæina Dvergastein, Sunnuhol og Selsstaði. Í leysingum árið 2012 og aftur haustið 2014 féllu skriður utan við Selstaði. Þær hlupu út í sjó og drápu fé. Töluvert magn lausra jarðefna er á hjallabruninni á þessum stað. Samskonar hjalli er ofan við Dvergastein og Selstaði og þar hafa stórar skriður fallið og valdið tjóni. Úr brún fjallsins hefur fallið stór og efnismikil skriða sem að nam staðar á brúninni. Reyndar sjá ummerki um mun meira rof úr hjallanum ofan við Dvergastein og Selstaði heldur en ofan við Vestdalseyri. Hreyfing í brúninni stafar líklega af veikleika í berggrunni og höggun um sprungur og skriðula fleti í jarðlagastaflanum en undir jökulurðinni liggur setlagasyrpa með auðrjúfanlegu seti, samskonar og er að finna í Bjólfinum og Strandartindi. Í Strandartindi má rekja hreyfingu jarðlaga til þessa lags (Árni Hjartarson & Jón Kristinn Helgason, 2017).

Tjarnir á hjallanum ofan við Vestdalseyri geta valdið aurbönduðum krapaflóðum líkt og féllu í Svarfaðardal árið 1919. Talsvert magn lausra efna er í hlíðinni neðan við hjallann. Þar má sjá að lækir hafa grafið rásir og gil og einnig má sjá skriðutauma á loftmyndum. Þar gætu fallið minni skriður sem ólíklegar eru til þess að valda miklum vandræðum við Vestdalseyri. Vestdalsáin hefur grafið sig djúpt ofan í berggrunn ofan við eyrina og myndað gljúfur.

9.4 Veðurfar

Veðurfar í aðdraganda snjóflóðahrina á Seyðisfirði var tekið saman af Sigrúnu Karlsdóttur (2002) og í skýrslu um hættumat fyrir Seyðisfjörð (Þorsteinn Arnalds o.fl., 2002) er einnig fjallað um veðurfar í firðinum. Umfjöllunin hér er dregin saman úr þessum tveimur greinargerðum. Gögnin sem liggja að baki koma frá veðurstöðvum í nágrenni Seyðisfjarðar. Í Vestdal hefur verið rekin sjálfvirk veðurstöð frá 1995. Auk þess hefur verið rekin mönnuð stöð á Seyðisfirði frá 1957 og sjálfvirk stöð á Gagnheiði frá 1993. Sjálfvirk stöð var sett upp í á Seyðisfirði árið 2014.

Á Seyðisfirði er meiri árstíðasveifla í hita en úti fyrir opnu hafi á Dalatanga og þar er kaldara að vetri til. Algengustu vindáttir markast af legu fjarðarins og eru úr austnorðaustri og vestri. Að vetri til er austnorðaustanáttin algengari og hún er norðanstæðari en að sumri til, henni fylgir jafnframt mesti vindhraðinn. Meðalársúrkoma á Seyðisfirði mælist rúmlega 1600 mm (byggt á

gögnum frá 1971–2000) en ef eingöngu er litið til vetrarmánaða (frá nóvember til apríl) er hún um 1000 mm. Úrkoma yfir sumartímam mælist minni en að hausti og vetri.

Aðstæður í Vestdal eru um sumt ólíkar því sem gerist í bænum innst í firðinum. Dalurinn liggur frá austri til vesturs og gerir það að verkum að algengasta vindáttin er vestanátt. Norðaustanátt er nokkuð algeng og mesti meðalvindhraðinn mælist í þeirri átt. Meðalársúrkoma á sjálfvirku stöðinni í Vestdal mælist um 1300 mm (byggt á gögnum frá 1996–2000) og sýnir það vel hversu mikill munur er á úrkomu innst í firðinum og utar. Ef einungis eru teknir vetrarmánuðir mælist meðalúrkoma tæpir 700 mm, sem er um 70% af því sem mælist á Seyðisfirði.

Sjálfvirka stöðin á Gagnheiði er í 949 m hæð og gefur því góða mynd af vindáttum í fjallahæð yfir firðinum, þar sem upptakasvæði snjóflóða er að finna. Á veturna eru algengustu áttirnar vest-suðvestan og austan og er meðalvindhraðinn nokkuð hár í þeim áttum, en austanstæð norðanátt er einnig algeng.

Norðaustanátt er algengasta vindátt með úrkomu á Seyðisfirði en á Gagnheiði er algengasta snjókomuáttin á milli norðurs og norðnorðausturs. Þessar áttir hafa einnig mestan vindhraða þegar úrkoma er og á sama tíma kaldara en 1°C.

Algengast er að snjóflóð á Seyðisfirði falli í kjölfar jafnrar eða mikillar úrkomu. Í flestum tilfellum mælist vindur á Gagnheiði 12–20 m/s dagana fyrir flóð og daginn sem flóð falla er hann jafnvel meiri. Um helmingur flóða fellur eftir hlýindi, annað hvort í asahláku sjálfan flóðadaginn eða eftir hlýindakafli. Snjóflóð eru algengust í norðaustanáttum en eftir að snjóathugunarmaður tók til starfa og skráning flóða batnaði hafa verið skráð flóð í kjölfar suðlægra átta. Greining á úthlaupslengd flóða bendir til þess að hún aukist ef vindur er sterkur og úrkoma er mikil í aðdragandanum.

9.5 Snjóflóðaaðstæður

Hér er eingöngu fjallað um aðstæður í nágrenni Vestdalseyrrar, þ.e. í Grýtu frá Sandhólatindi út fyrir Grafargil.

Upptakasvæði

Í Grýtu eru upptakasvæði snjóflóða afmörkuð ofan og neðan stallsins í 650–700 m y.s. (sjá töflu 15). Ofan við eru tindarnir tveir, Sandhólatindur og Grýtukollur, þar sem þekkt er að snjóflóð hafi átt upptök. Í skriðurunnum hlíðum Sandhólatinds eru afmörkuð tvö upptakasvæði sem aðskilin eru af litlum hrygg og klettabelti. Innra svæðið er á hæðarbilinu frá 800 m y.s. upp í 1000 m y.s. en hið ytra frá 760 m y.s. upp í 920 m y.s. Flatarmál þeirra er 0.9 og 1.0 ha, landhalli er á bilinu 30–40° og um 34° að meðaltali. Svæðin mynda grunnar skálar og vísa mót suðri. Fjallsbrúnin ofan við er án umtalsverðs aðsópsvæðis, snjór safnast helst í svæðin í norðlægum áttum. Í svæðin getur skafið í norðvestanátt úr austurvæng skálarinnar innanvið en í norðaustanátt úr dalnum sem aðskilur Sandhólatind og Grýtukoll. Til er ein skráning á flóðum úr þessum upptakasvæðum frá 21. maí 2011. Þau voru lítil og stöðvuðust á flatanum neðan við í 700–750 m hæð y.s.

Í Grýtukolli er afmarkað 600 m breitt 1.4 ha upptakasvæði sem liggur á hæðarbilinu 820–960 m y.s. Að vestan afmarkast það af grunnum farvegi en að austan af Grafargili. Landhalli er á bilinu frá 28° upp í 40° og að meðaltali um 34°. Svæðið myndar grunna skál, hallinn eykst jafnt og þétt með hæð og í efsta hlutanum er lítið klettabelti. Ofan þess dregur úr halla þar til toppi kollsins er náð. Engir áberandi farvegir eru á eða liggja úr svæðinu. Aðsópsvæði ofan upptakasvæðisins er

takmarkað. Viðhorf þess er til suðurs og safnar það helst snjó í norðlægum áttum. Í norðvestan- og vestanáttum getur snjó skafið meðfram fjallinu og hann sest til í upptakasvæðinu. Fjöldi flóða með upptök í Grýtukolli hefur verið skráður undanfarna tvo áratugi og ekki er óalgengt að allt upptakasvæðið hlapi í einu og einnig kemur fyrir að brotið nái yfir Grafargil.

Neðan upptakasvæðanna í Sandhólatindi og Grýtukolli tekur við flatur stallur, um 500–600 m breiður vestast en mjókkar eftir því sem austar dregur og er um 200 m breiður undir upptakasvæðinu í Grýtukolli. Í 600–650 m hæð tekur við lítið klettabelti og neðan við það eykst hallinn á ný. Neðan flatans er hlíðin brotin upp af láréttum klettabeltum og á milli þeirra eru nokkuð grónar brekkur sem hafa upptakahalla snjóflóða niður í um 400 m hæð, allra vestast eru upptakasvæði allt niður í 200 m hæð. Í þessum grónu brekkum eru afmörkuð 7 upptakasvæði. Undir Sandhólatindi eru 4 þeirra hvert á fætur öðru niður hlíðina og þekja þau um 30–50 m hæðarbil, hvert um sig, á milli klettabelta. Rétt ofan klettabeltanna er hallinn undir upptakahalla snjóflóða og eru það þessi svæði sem brjóta upptakasvæðin upp. Upptakasvæðin eru 600–800 m breið, með flatarmál á bilinu 0.4 til 1.0 ha og meðalhalla á bilinu 35–37°. Snjósöfnun er helst í norðlægum áttum, þá bæði með snjókomu sem fellur hlémegin auk snævar sem berst með skafrenningi úr dalnum sem aðskilur Sandhólatind og Grýtukoll og af stallinum. Í vestlægum áttum gæti snjó skafið úr Vestdal og hann sest til í svæðin en væntanlega ekki í miklum mæli þar sem upptakasvæðin eru frekar berskjölduð og lítið um farvegi eða skálar.

Austan við Sandhólatind eru afmörkuð þrjú stærri upptakasvæði á hæðarbilinu 400–540 m y.s. Þau eru 340–600 m breið og á milli þeirra eru tveir tiltölulega grunnir vatnsfarvegir. Upptakasvæði eru einnig í skálum efst í farvegnum tveimur en þau eru lítil og ekki stórra flóða að vænta úr þeim. Flatarmál svæðanna er á bilinu 0.8 til 1.6 ha og meðalhalla 30–32°. Svæðin eru skorin fjölda misdjúpra vatnsfarvega en þeir hafa væntanlega ekki umtalsverð áhrif á flæði snjóflóða. Svæðin eru tiltölulega opin og án áberandi skála en sumstaðar rista farvegir dýpra og á milli þeirra eru opnar skriður sem minna á aurkeilur. Svæðin safna helst snjó í norðlægum áttum og einhver snjór sem berst með skafrenningi í vestan- og austanáttum gæti sest til í farvegnum, en væntanlega minna í austanátt vegna áhrifa Grafargils.

Loks er eitt upptakasvæði afmarkað á milli svæðisins í Grýtukolli og austasta svæðisins neðan stallsins, þ.e. næst Grafargili. Það er í skriðu neðan stallsins, er um 370 m breitt og þekur hæðarbilið 580–650 m y.s. Í gegnum svæðið liggur fjöldi grunnra farvega en engin áberandi gil eða bollar. Meðalhallinn mælist rúmlega 35°. Snjósöfnunaraðstaður eru svipaðar og í svæðunum sem fjallað er um að ofan.

Grafargil er tíðasti snjóflóðafarvegurinn í Grýtu. Þar var þó eingöngu teiknuð einvíð braut og ekkert upptakasvæði afmarkað. Það skýrist af því að mjög ólíklegt má teljast að snjóflóð úr giliu nái inn á Vestdalseyri.

Fallbraut

Fallbraut flóða skiptist í tvennt, annars vegar liggur hún um neðsta hluta Sandhólatinds og Grýtukolls og yfir setfylluna, og hins vegar um hlíðina neðan hennar. Stallurinn myndar úthlaupssvæði minni og meðalstórra flóða úr upptakasvæðum ofan hans, sem þar stöðvast. Engin djúp gil eru í fallbrautinni en grunnu gilin sem skera hlíðina neðan stallsins beina flóðum í kraftmeiri strauma. Hallinn í efri hluta fallbrautarinnar er á bilinu 30–35° en lækkar skarpt þegar komið er niður á

Tafla 15. Tölulegar upplýsingar um upptakasvæði snjóflóða ofan Vestdalseyrar.

Upptaka- svæði	Efri mörk [m y.s.]	Neðri mörk [m y.s.]	Meðal- halli [°]	Meðal- breidd [m]	Flatar- mál [ha]	Viðhorf
1	1010	785	34	300	0.9	S
2	930	755	33	420	1.0	SSA
3	580	475	35	460	0.7	SSA
4	460	405	34	570	0.4	SSA
5	385	305	37	780	0.7	SSA
6	300	200	35	690	1.0	SSA
7	540	405	32	430	1.0	SSA
8	550	420	30	320	0.8	SSA
9	975	820	34	550	1.4	S
10	645	575	34	340	0.4	SSA
11	540	350	31	530	1.6	SSA

stallinn og er þar á bilinu 2–10°. Í neðri hluta brautarinnar hefur hlíðin dæmigert fleygbogalaga form, efst er hallinn hátt í 40° en úr honum dregur jafnt og þétt niður 10° þegar komið er niður á láglendi. Vestan Vestdalsár liggur fallbrautin um Vestdal en þar er landslagið fremur flatt frá 120 m y.s. í 70 m y.s. og hallinn á bilinu 0–8°. Neðan dalsins er lágur bakki sem hefur 20–30° halla. Á Vestdalseyri nær hallinn mest 5°. Utan við eyrina dregur hins vegar jafnt og þétt úr halla alla leið niður að sjó.

Úthlaupssvæði

Úthlaupssvæði snjóflóða er annars vegar á stallinum í 600–800 m y.s. eins og lýst er hér að framan, og hins vegar Vestdalur og sléttlendið utan Vestdalseyrar. Á Vestdal er landslagið slétt og lítið sem getur haft áhrif á útbreiðslu snjóflóða. Þar sem Vestdalsáin rennur í áberandi gili niður á eyrina heldur farvegur árinna hins vegar vel að snjóflóðum. Utan við eyrina fara lengstu flóðin í farveg á aurkeilunni undir Grafargili og beinir hann flóðtungum til sjávar.

9.6 Skriðuaðstæður

Engar heimildir eru um skriðuföll úr hlíðinni ofan við Vestdalseyri en af ummerkjum að dæma falla skriður úr brúninni með reglulegu millibili. Skriður þessar eru gjarnan efnislitlar og fylgja farvegum í hlíðinni, yfirleitt í vatnavöxtum eða í leysingum. Ummerki um stærri skriður úr setfyllunni ofarlega í Grafargili sjást á loftmyndum, og einnig ummerki um smávægilega virkni í vatnsfarvegum, mest úr Grafargili. Flatinn í Vestdal ver eyrina væntanlega vel og helsta hættan er að fyllur losni úr hjöllum ofan eyrar líkt og átti sér stað 2002.

9.7 Líkanreikningar

Framkvæmdir voru einvíðir og tvívíðir líkanreikningar á snjóflóðum úr upptakasvæðunum í Grýtu og eru niðurstöður sýndar á korti 13. Fyrir einvíða reikninga voru teiknaðar átta brautir, fjórar úr upptakasvæðum í Sandhólatindi og Grýtukolli en þrjár úr upptakasvæðum neðan stallsins og loks ein í Grafargili. Úr upptakasvæðum í Sandhólatindi þarf stór flóð með rennslisstig a.m.k. 15 til að ná fram af stallinum enda er hann breiðastur neðan þeirra. Upptakasvæðið í Grýtukolli er aftur á móti mun meira ógnandi og ná flóð með rennslisstig 12–13 fram af og langleiðina niður hlíðina og stöðvast í 120–140 m hæð y.s. Rennslisstig 15 stöðvast í 50–60 m

y.s. en rennslisstigi 16 fer alla leið í sjó. Sama er að segja um upptakasvæðin neðan stallsins undir Grýtukolli. Stór flóð úr upptakasvæðunum tveimur neðan stalls fyrir miðri hlíðinni beint ofan eyrarinnar, renna ofan í Vestdalsá en þurfa að ná rennslisstigi 16 til þess. Flóð úr innstu upptakasvæðunum renna niður í Vestdal og stöðvast ofan eða neðan ár eftir því hversu stór þau eru, en ná ekki fram af bakkanum og til sjávar. Til að þau nái yfir Vestdalsá þurfa þau að ná rennslisstigi 16 í einvíða líkaninu en 16–18 í því tvívíða.

Einvíðum og tvívíðum reikningum ber ágætlega saman fyrir flest rennslisstig og upptakasvæði. Það er helst fyrir rennslisstig 15 að flóð sem renna um afmarkaða farvegi fara 0.5–1 rennslisstigi lengra í tvívíðum reikningum, sem er innan óvissumarka. Í opnum farvegum er samræmið hins vegar gott að rennslisstigi 16 en hærri rennslisstig stöðvast nær fjalli í tvívíðum reikningum.

9.8 Hættumat

Snjóflóðasagan bendir eindregið til þess að snjóflóðahætta sé umtalsvert meiri austan Vestdalsár en vestan árinna. Þetta styðja líkanreikningar. Heimildir eru um flóð úr Grafargili sem náð hafa í sjó fram árin 1894, 1930 og 1941. Þetta þýðir að á um 150 ára tímabili eru þekkt 3 flóð sem náð hafa rennslisstigi 15 eða meira og svarar það til tíðninnar $F_{15} = 0.02$, sem þýðir að $F_{13} = 0.1$. Í hættumati er algengt að miða við tíðnina $F_{13} = 0.05$ fyrir dæmigerða snjóflóðafarvegi og má því segja að Grafargil sé með hættulegri farvegum á landinu. Skv. aðferðafræðinni, sem þróuð hefur verið fyrir snjóflóðahættumat hér á landi (Kristján Jónasson o.fl., 1999), ætti A-lína undir gilinu að vera í rennslisstigi 18, B-lína í 17.5 og C-lína í 16.5.

Ekki er mögulegt að meta tíðni fyrir upptakasvæðin innan við Grýtukoll. Heimild er um að flóð sem féll árið 1960 hafi farið yfir Vestdalsá og því náð rennslisstigi 16. Einnig er talað um að flóð úr fjallinu árið 1967 hafi náð niður á dal, og svarar það til rennslisstigs í kringum 13–14.

Við hættumat á Íslandi er gjarnan miðað við að neðan hættulegra farvega sé A-lína í rennslisstigi 17–18 en C-lína í 15.5–16.5. Neðan farvega þar sem snjósöfnun er minni eða þeir óvenjulegir er miðað við að A-lína sé staðsett í rennslisstigi 15–15.5 en C-lína í 13.5–14. Flóðið frá árinu 1967 bendir til þess að stór flóð geti átt upptök norðan Vestdals en að tíðni þeirra sé minni en utar, á áhrifasvæði Grafargils. Hér er því lagt til að hættumatslínur séu staðsettar mitt á milli legunnar fyrir hættulega og síður hættulega farvegi, þ.e. að A-lína verði í rennslisstigi 16, B-lína í 15.5 og C-lína í 14.5–15 og eru hættusvæði sem miðast við þetta sýnd á korti 14. Hættusvæði utan eyrarinnar, á áhrifasvæði Grafargils, ná mun lengra frá fjallinu og fer C-línan út fyrir ströndina skammt utan eyrarinnar.

9.9 Niðurstaða

Hættusvæði við Vestdalseyri vegna snjóflóða úr Grýtu, frá Sandhólatindi út fyrir Grafargil, ná u.þ.b. niður í dalbotn þar sem Vestdalsá fellur fram af stallinum ofan við eyrina. A-línan nær u.þ.b. 100 m yfir ána á kafla ofan eyrarinnar en eyrin sjálf er utan hættusvæða. Skammt utan eyrarinnar nær hættumatslína vegna snjóflóða úr Grafargili niður að ströndinni og hætta eykst mikið við Grýtuá þannig að C-lína er utan við ströndina á Grýtuáreyri. Á hættusvæðum sem afmörkuð eru við Vestdalseyri sjálfa eru engar byggingar nú en matið þar er hugsað til viðmiðunar fyrir skipulagsgerð.



Mynd 36. Grýta ofan Vestdals. Vestdalseyri er í hvarfi en Grafargil sést hægra megin á myndinni. Ljósmynd: TJ.



Mynd 37. Hlíðar Grýtu neðan stallsins, séð frá Vestdalseyri. Grafargil sést fyrir miðri mynd. Ljósmyndir: TJ.

10 Heimildir

- Almannavarnir Ríkisins, Hönnun h.f. & Veðurstofa Íslands (1986). *Seyðisfjörður. Snjóflóðakönnun 29.12.1985*. Skýrsla dags. í febr. 1986.
- Almenna verkfræðistofan (1998). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði, Bjólfur, frumathugun. Athugun á lausum jarðlögum*. (Höfundur Jón Skúlason).
- Ágúst Guðmundsson (1992). *Jarðgangagerð: Til samgöngubóta á Austfjörðum. Yfirlit yfir jarðfræðilegar aðstæður*. Orkustofnun, skýrsla OS-92006/VOD-01. Unnið fyrir Vegagerð Ríkisins.
- Ágúst Guðmundsson, Óskar Knudsen & Haraldur Hallsteinsson (2003). *Seyðisfjörður – Athuganir á jarðgerð í Þófum og Botnum*. JJS – Jarðfræðipjónusta, skýrsla dags. í október 2003.
- Árni Hjartarson, Freysteinn Sigurðsson & Þórólfur Hafstað (1981). *Vatnsbúskapur Austurlands. III*. Orkustofnun, skýrsla OS81006/VOD04, 198 bls.
- Árni Hjartarson, Elsa G. Vilmundardóttir, Ólafur G. Flóvenz & Sigurður Sveinn Jónsson (2000). *Seyðisfjörður. Hitastigull, grunnvatn og jarðfræði*. OS-2000/001, Orkustofnun, 41 bls.
- Árni Hjartarson (2015). *Skriðurannsóknir á Seyðisfirði árið 2015*. Íslenskar orkurannsóknir, skýrsla ÍSOR-2015/058.
- Árni Hjartarson & Jón Kristinn Helgason (2017). *Skriðurannsóknir á Seyðisfirði árið 2016*. Íslenskar orkurannsóknir, skýrsla ÍSOR-2017/001.
- Árni Stefánsson (eftir 1994). *Snjóflóð og skriðuföll í Seyðisfirði. Tekið saman af Árna Stefánssyni*.
- Árni Stefánsson (eftir 1988 en fyrir 1996). *Grjót og aurskriður í Seyðisfirði. Tekið saman af Árna Stefánssyni*.
- Birgir V. Óskarsson og Morten S. Riishuus (2013). The mode of emplacement of Neogene flood basalt in Eastern Iceland: Facies architecture and structure of the Hólmar and Grjótá olivine basalt groups. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **267**, 92–118.
- Efla, Verkís & Landslag (2018). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði. Aldan og Bakkahverfi – Annar áfangi. Frumathugun*. Efla, skýrsla 2370-023-SKY-001-V01. (Höfundar Sigurjón Hauksson, Kristín Martha Hákonardóttir & Eiður Páll Birgisson).
- Eiríkur Gíslason & Tómas Jóhannesson (2007). *Calibration of the samosAT avalanche model for large Icelandic dry-snow avalanches*. Veðurstofa Íslands, skýrsla 07006.
- Esther Hlíðar Jensen (2001). *Hætta á skyndilegu jarðskriði úr brún Þófans á Seyðisfirði*. Veðurstofa Íslands, minnisbl. EHJ-2001/01.
- Esther Hlíðar Jensen & Tómas Jóhannesson (2002). *Hætta á jarðskriði úr brún Þófans á Seyðisfirði – Samantekt á niðurstöðum mælinga*. Veðurstofa Íslands, minnisbl. EHJ-2002-03.
- FSR (2009). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði. Varnargarðar á Brún*. Framkvæmdasýsla ríkisins, skilamat, dags. maí 2009.
- Gauer, P., & K. Kristensen (2005). *Avalanche Studies and Model Validation in Europe, SATSIE: Ryggfönn measurements. Overview and dam interaction* Oslo, Norwegian Geotechnical Institute, NGI Report 20021048-10.
- Gunnlaugur Jónasson (1975). *Skýrsla um snjóflóð og snjóflóðahættu á landsvæði Seyðisfjarðar-kaupstaðar, samin að tilhlutan bæjarstjórans á Seyðisfirði, í janúar 1975*.
- Halldór G. Pétursson & Þorsteinn Sæmundsson (1998). *Saga skriðufalla á Seyðisfirði. 1882–1997*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 98024.
- Halldór G. Pétursson (2003). *Nokkur skriðuföll við aðstæður sem svipað gæti til Þófans á Seyðisfirði*. Náttúrufræðistofun Íslands, minnisbl. dags. 17.03.2003.

- Haraldur Guðmundsson (1955). *Snjóflóðið mikla á Seyðisfirði þann 18. febrúar 1985. Ritað af Haraldi Guðmundssyni frá Firði þann 18. febrúar 1955.*
- Harpa Grímsdóttir (1997). *Byggingarár húsa á Seyðisfirði.* Veðurstofa Íslands, greinarg. 97016.
- Hönnun og ráðgjöf (1999). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði. Bjólfssvæði. Frummat á umhverfisáhrifum.* (Höfundar Brynjólfur Björnsson, Kristín Ágústsdóttir & Jóhannes Pálsson).
- Hönnun (2002). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði. Bjólfssvæði. Mat á umhverfisáhrifum.* (Höfundar Ari Benediksson o.fl.).
- Höskuldur Búi Jónsson (2003). *Sprungur í jarðvegi ofan Seyðisfjarðarkaupstaðar.* Náttúrufræðistofun Íslands, skýrsla NI-03001.
- Illmer, D., Jón Kristinn Helgason, Tómas Jóhannesson, Eiríkur Gíslason & Sigurjón Hauksson (2016). *Overview of landslide hazard and possible mitigation measures in the settlement southeast of Fjarðará River in Seyðisfjörður.* Veðurstofa Íslands, Efla og Ingenieurbüro Illmer Daniel e.U., VÍ skýrsla 2016-006.
- Jarðfræðistofa ÁGVST (1998). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði, Bjólfur, frumathugun. Jarðfræðithuganir 1997.* (Höfundur Ágúst Guðmundsson).
- Jón Gunnar Egilsson (1996). *Snjóflóð úr Bjólfnum á Seyðisfirði (Samantekt vegna sérhættumats fyrir nýbyggingu verslunar).* Veðurstofa Íslands, minnisblað, dags. 20.12.1996.
- Jón Kristinn Helgason, Tómas Jóhannesson, Árni Hjartarson & Halldór G. Pétursson (2014). *Ofanflóðahættumat fyrir Kjalarnes neðan Esjuhlíða. Greinargerð með hættumatskort.* Veðurstofa Íslands, skýrsla 2014-004.
- Jón Kristinn Helgason & Óliver Hilmarsson (2017). *Hrina skriðufalla og vatnavextir á Austurlandi 23./24. júní 2017.* Veðurstofa Íslands, minnisbl. dags. 6.9.2017.
- Jón Kristinn Helgason & Árni Hjartarson (2018). *Jarðlagakönnun í Bakkahverfi á Seyðisfirði dagana 14.–15. september 2017.* Veðurstofa Íslands, greinarg. JKH/AH/2018-01.
- Jón Skúlason (2003). *Þófar – Seyðisfirði – Athugun á stæðni.* Almenna verkfræðistofan hf., skýrsla dags. 1. október 2003.
- Jón Skúlason & Ágúst Guðmundsson (2004). *Botnar, Seyðisfirði – Athuganir á lausum jarðlögum.* Almenna og Jarðfræðistofan, skýrsla dags. 1. desember 2004.
- Kristján Ágústsson (1988). *Könnun á snjóflóðahættu á Seyðisfirði.* Veðurstofa Íslands, greinarg.
- Kristján Ágústsson (2002). *Snjóflóðasaga Seyðisfjarðar.* Veðurstofa Íslands, greinarg. 02009.
- Kristján Ágústsson, Tómas Jóhannesson, Siegfried Sauermoser & Þorsteinn Arnalds (2002). *Hazard Zoning for Bolungarvík.* Veðurstofa Íslands, greinarg. 02031.
- Kristján Jónasson (1997). *Nokkur samtöl vegna snjóflóðasögu Seyðisfjarðar.* Veðurstofa Íslands, minnisblað, dags. 13.8.1997.
- Kristján Jónasson, Sven Þ. Sigurðsson & Þorsteinn Arnalds (1999). *Estimation of Avalanche Risk.* Veðurstofa Íslands, rit 99001.
- Kristján Jónasson & Trausti Jónsson (1997). *Fimmtíu ára snjóþýpt á Íslandi.* Veðurstofa Íslands, greinarg. 97025.
- Kristján Jónasson & Þorsteinn Arnalds (1997). *Pilot Hazard Zoning for Seyðisfjörður. IMO hazard zoning for the north side.* Veðurstofa Íslands, greinarg. 97035.
- Kristján Róbertsson (1995). *Byggðarsaga Seyðisfjarðar.* Seyðisfjörður: Seyðisfjarðarbær, 244 bls.
- Landnámabók (Sturlubók). Rafbókavefurinn, 2012.
- Leó Kristjánsson, Ágúst Guðmundsson & Hreinn Haraldsson (1995). Stratigraphy and paleomagnetism of 3-km-thick Miocene lava pile of the Mjóifjörður area, eastern Iceland. *Geologische Rundschau*, **84**, 813–830.

- Lied, K., & S. Bakkehoi (1980). Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographical parameters. *J. Glaciol.*, **26**(94), 165–177.
- Magnús Már Magnússon, Jón Gunnar Egilsson & Oddur Pétursson (2000). Snow depth measurements in avalanche starting zones. Montana State University, Proceedings of the ISSW 2000 conference, 416–423.
- Mashari & Osamu Yokoyama (2005). Weathering profile of non-welded ignimbrite and the water infiltration behavior within it in relation to the generation of shallow landslides. *Engineering Geology*, **78**, 87–207.
- NGI (1997). *Seyðisfjörður. Assessment of natural hazard zones*. Norwegian Geotechnical Institute, skýrsla 974080-1 (Höfundar Karstein Lied & Ulrik Domaas).
- NGI (2002). *Seyðisfjörður. Wind-field and snowdrift assessment at Brún*. Norwegian Geotechnical Institute, skýrsla 20021036-1 (Höfundur Peter Gauer).
- Ólafur Jónsson (1992). *Skriðuföll og snjóflóð, I. Almenn um ofanföll: Erlendar stórskriður og snjóflóð*. Reykjavík, Bókaútgáfan Skjaldborg.
- Ólafur Jónsson & Halldór G. Pétursson (1992). *Skriðuföll og snjóflóð. II. Skriðuannáll*. Reykjavík, Bókaútgáfan Skjaldborg.
- Ólafur Jónsson, Sigurjón Rist & Jóhannes Sigvaldason (1992). *Skriðuföll og snjóflóð. III. Snjóflóðaannáll*. Reykjavík, Bókaútgáfan Skjaldborg.
- Óskar Knudsen & Guðrún Larsen (2013). *Skriðuset í jarðvegi í Seyðisfjarðarkaupstað og Botnum*. Jarðfræðistofan, skýrsla dags. í október 2013.
- Perla, R., T. T. Cheng & D. M. McClung (1980). A two-parameter model of snow-avalanche motion. *J. Glaciol.*, **26**(94), 197–207.
- Prochaska, A. B., P. M. Santi, J. D. Higgins & S. H. Cannon (2008). A study of methods to estimate debris flow velocity. *Landslides*, **5**, 431–444. doi: 10.1007/s10346-008-0137-0.
- Rapin, F. (2000). *Preliminary and complementary study on new technical advice about a better integration of snow avalanche protection measures integrated in the landscape in Seyðisfjörður*. Cemagref, Technical proposal ETNA N°2000-016.
- Sampl, P. (2007). *SamosAT. Modelltheorie und Numerik*. Graz, AVL List GmbH, Im Auftrag des BMFLUW.
- Sampl, P., & T. Zwinger (1999). *A simulation model for dry snow avalanches*. A paper presented at the 1999 IAHR meeting.
- Sampl, P., & T. Zwinger (2004). Avalanche simulation with SAMOS. *Ann. Glaciol.*, **38**, 393–398, doi: 10.3189/172756404781814780.
- Sampl, P., & M. Granig (2009). Avalanche Simulation with SAMOS-AT. *International Snow Science Workshop, Davos 2009, Proceedings*, 519–523.
- Sigríður Sif Gylfadóttir, Tómas Jóhannesson & Jón Gunnar Egilsson (2016). *Langahlíð á Seyðisfirði – Hættumat vegna ofanflóða*, Veðurstofa Íslands, minnisblað, dags. 7.10.2016, málsnr. 2016-244.
- Sigurjón Hauksson (2014). *Rannsóknir í Þófum og Botnum á Seyðisfirði. Yfirlit í febrúar 2015*. Efla, minnisbl. dags. í febrúar 2015.
- Sigurjón Hauksson (2015). *Ofanflóðavarnir á Seyðisfirði. Yfirlit í febrúar 2015*. Efla, minnisbl. dags. 10.2.2015.
- Sigurjón Jónsson (2007). *A survey of active landslide movement in east Iceland from satellite interferometry*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 07004.
- Sigrún Karlsdóttir (2002). *Veður í aðdraganda snjóflóðahrina á Seyðisfirði*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 02006.

- Sigurður Jónsson (1996). *Endurskoðun hættumats fyrir Seyðisfjörð. Breyting á aðalskipulagi 1978–1998 við Vesturveg*. Byggingarfulltrúinn á Seyðisfirði, greinarg. dags. 17.4.1996.
- SLF (1975). *Avalanche problems of Iceland. Analysis and recommendation for further action*. Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, skýrsla G75.51 (Höfundur M. R. de Quervain).
- SLF (2001). *Seyðisfjörður. Iceland. Conditions for supporting structures in the Kálfabotn area*. Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, skýrsla G2001.28 (Höfundur Stefan Margreth).
- Sven Sigurðsson, Kristján Jónasson & Þorsteinn Arnalds (1998). Transferring avalanches between paths. *Í: 25 years of snow avalanche research*. Publikation nr. 203, Erik Hestnes, ritstj., s. 259–263, NGI, Osló.
- Tómas Jóhannesson, Karstein Lied, Stefan Margreth & Frode Sandersen (1996). *Þörf fyrir snjóflóðavarnarvirki á Íslandi. Yfirlit og mat á kostnaði*. Veðurstofa Íslands, rit 96003.
- Tómas Jóhannesson (1998a). *A topographical model for Icelandic avalanches*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 98003.
- Tómas Jóhannesson (1998b). Icelandic avalanche runout models compared with topographic models used in other countries. *Í: 25 years of snow avalanche research*. Publikation nr. 203, Erik Hestnes, ritstj., s. 43–52, NGI, Osló.
- Tómas Jóhannesson (2001). *Snow depth measurements in Kálfabotn in Seyðisfjörður and in Drangagil in Neskaupstaður*. Veðurstofa Íslands, minnisblað TóJ-2001/07.
- Tómas Jóhannesson & Kristján Ágústsson (2002). *Hættumat vegna aurskriðna, grjóthruns, krapaflóða og aurblandaðra vatns- og krapaflóða í bröttum farvegum*. Veðurstofa Íslands, minnisblað TóJ/Kri-2002/01.
- Tómas Jóhannesson (2001). *Snow depth measurements in Kálfabotn in Seyðisfjörður and in Drangagil in Neskaupstaður 1997–2001*. Veðurstofa Íslands, minnisblað TóJ-2001/07.
- Tómas Jóhannesson (2002a). *Snow depth measurements on and near the shelf at Brún in Bjólfur in Seyðisfjörður 1997–2001*. Veðurstofa Íslands, minnisblað TóJ-2002/02.
- Tómas Jóhannesson (2002b). *Áhrif varnargarðs í 650 m y.s. á Brún í Bjólfi á Seyðisfirði á legu hættumatslína*. Veðurstofa Íslands, minnisblað TóJ-2002/03.
- Tómas Jóhannesson, Þorsteinn Arnalds & Leah Tracy (2002). *Results of the 2D avalanche model SAMOS for Seyðisfjörður*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 02008.
- Tómas Jóhannesson, Peter Gauer, Dieter Issler & Karstein Lied (ritstj.) (2009). *The design of avalanche protection dams. Recent practical and theoretical developments*. European Communities, Brussel.
- Tómas Jóhannesson (2009). *Hættumat vegna snjóflóða úr lágum brekkum*. Veðurstofa Íslands, minnisblað TóJ-2009/02.
- Tómas Jóhannesson, Árni Hjartarson & Halldór G. Pétursson (2010). *Ofanflóðahættumat fyrir Kerhóla á Kjalarnesi*. Veðurstofa Íslands, skýrsla 2010-004.
- Tómas Jóhannesson & Eiríkur Gíslason (2011). *Endurskoðun á ofanflóðahættumati fyrir Seyðisfjörð eftir byggingu varnargarða á Brún í Bjólfi*. Veðurstofa Íslands, drög að skýrslu til kynningar á endurskoðun hættumats.
- Trausti Jónsson (1998). *Hlutfallslíkur snjóflóðaátta á Vestfjörðum og Austfjörðum*. Veðurstofa Íslands, greinarg. G98013.
- Umhverfissráðuneytið (2000). *Reglugerð nr. 505/2000 um hættumat vegna ofanflóða, flokkun og nýtingu hættusvæða og gerð bráðabirgðahættumats*.

- Umhverfissráðuneytið (2007). *Reglugerð nr. 495/2007 um breytingu á reglugerð um hættumat vegna ofanflóða, flokkun og nýtingu hættusvæða og gerð bráðabirgðahættumats* (eftir þessa breytingu heitir reglugerðin: *Reglugerð um hættumat vegna ofanflóða og flokkun og nýtingu hættusvæða*).
- Umhverfissráðuneytið (2007). *Reglugerð nr. 495/2007 um breytingu á reglugerð um hættumat vegna ofanflóða og flokkun og nýtingu hættusvæða*.
- Umhverfissráðuneytið (2010). *Reglugerð nr. 309/2010 um breytingu á reglugerð um hættumat vegna ofanflóða og flokkun og nýtingu hættusvæða*.
- Umhverfissráðuneytið (2010). *Reglugerð nr. 1017/2010 um breytingu á reglugerð um hættumat vegna ofanflóða og flokkun og nýtingu hættusvæða*.
- Umhverfissráðuneytið (2014). *Reglugerð nr. 343/2014 um breytingu á reglugerð um hættumat vegna ofanflóða og flokkun og nýtingu hættusvæða*.
- Umhverfissráðuneytið (2017). *Reglugerð nr. 176/2017 um breytingu á reglugerð um hættumat vegna ofanflóða og flokkun og nýtingu hættusvæða*.
- VA & NGI (1998). *Assessment of snow avalanche hazard and defence structures in Bjólfur area*. Verkfræðistofa Austurlands, skýrsla VA-9807, Norwegian Geotechnical Institute, skýrsla NGI-970479-1 (Höfundar Sigurjón Hauksson & Karstein Lied authors).
- VA & NGI (2002). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði. Aldan og Bakkahverfi. Frumathugun. Áfanga-skýrsla*. Verkfræðistofa Austurlands, skýrsla VA-0156, Norwegian Geotechnical Institute, skýrsla NGI-20021036 (Höfundar Sigurjón Hauksson & Karstein Lied).
- VA & NGI (2003). *Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði. Aldan og Bakkahverfi. Frumathugun*. Verkfræðistofa Austurlands, skýrsla VA-0156, Norwegian Geotechnical Institute, skýrsla NGI-20021036 (Höfundar Sigurjón Hauksson & Karstein Lied).
- VS (1986). *Útreikningur á hraða og skriðlengd snjóflóða. Þróun reiknilíkans fyrir tölvu. Samanburður við þekkt snjóflóð. Tillögur um reikniaðferðir*. Verkfræðistofa Siglufjarðar sf. (Höfundur Þorsteinn Jóhannesson).
- VS (1989). *Seyðisfjörður. Hættumat vegna snjóflóða*. Verkfræðistofa Siglufjarðar sf. (Höfundur Þorsteinn Jóhannesson).
- VS & VA (1992). *Seyðisfjarðarkaupstaður. Varnargarður vegna snjóflóða. 1. áfangi — hafnar-svæði. Frumáætlun*. Verkfræðistofa Siglufjarðar sf. og Verkfræðistofa Austurlands, skýrsla.
- VÍ (1996, endurútg. 2007). *Greinargerð um snjóflóðaaðstæður vegna rýmingarkorts fyrir Seyðisfjörð*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 96009/07025.
- Zwinger, T., A. Kluwick & P. Sampl (2003). Simulation of dry-snow avalanche flow over natural terrain. Í: Hutter, K. and N. Kirchner, ritstj. *Dynamic Response of Granular and Porous Materials under Large and Catastrophic Deformations, Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics.*, Springer, Heidelberg, **11**, 161–194.
- Þorsteinn Arnalds (2001). *Tilraunahættumat fyrir Seyðisfjörð. Yfirlit norðurhlíðar*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 01008.
- Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauermoser og Harpa Grímsdóttir (2001). *Hazard zoning for Neskaupstaður — Technical report*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 01010.
- Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauermoser, Tómas Jóhannesson & Esther H. Jensen (2002). *Hazard zoning for Seyðisfjörður*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 02010.
- Þorsteinn Arnalds, Kristján Jónasson, and Sven Sigurðsson (2004). Avalanche hazard zoning in Iceland based on individual risk. *Ann. Glaciol.*, **38**, 285–290.
- Þorsteinn Sæmundsson & Halldór G. Pétursson (1999). *Mat á aurskriðu- og grjóthrunshættu við Seyðisfjarðarkaupstað*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 99003.

WLV (1997). *Hazard zone plan. Seydisfjörður north*. Austrian Foresttechnical Service in Torrent and Avalanche Control, Austurríki (Höfundur Siegfried Sauermoser).

I Tæknileg hugtök og skilgreiningar

α -horn: Sjónarhorn frá stöðvunarstað snjóflóðs upp að efri brún upptakasvæðis (sjá mynd 38).

β -horn: Sjónarhorn frá stað í snjóflóðafarvegi þar sem landhalli er 10° upp að efri brún upptakasvæðis (sjá mynd 38).

α/β -líkan: Staðfræðilegt líkan notað til þess að spá fyrir um úthlaups lengd snjóflóða og til þess að færa snjóflóð á milli farvega. Líkanið notar β -horn til þess að spá fyrir um α -horn lengsta skráða snjóflóðs í viðkomandi farvegi og á rætur sínar að rekja til Lied og Bakkehøi (1980). Útgáfa líkansins sem notuð er í þessu hættumati var þróuð af Tómasi Jóhannessyni (1998a, b) og stuðst var við gögn um 45 íslensk snjóflóð. Formúla líkansins er

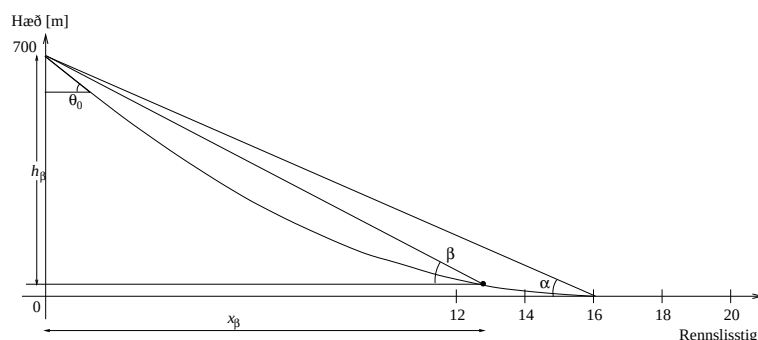
$$\alpha = 0.85 \cdot \beta, \quad \sigma = 2.2^\circ$$

þar sem σ er staðalfrávik úthlaupshornsins. Snjóflóð með úthlaupshorn $n\sigma$ lægra en útreiknað α -gildi er táknað sem snjóflóð með úthlaups lengd $\alpha - n\sigma$ og $\alpha + n\sigma$ þegar α -hornið er hærra en útreiknaða gildið sem fæst með formúlunni hér að ofan. Takið eftir að α -hornið verður lægra eftir því sem úthlaups lengdin verður meiri þ.a. $\alpha - \sigma$ jafngildir snjóflóði með lengri úthlaups lengd en svarar til úthlaupshornsins α .

PCM-líkan: Einvítt eðlisfræðilíkan notað til þess að líkja eftir flæði snjóflóða. Líkanið hefur tvo stuðla, μ , viðnámsstuðul Coulombs, og M/D -stuðul. Líkanið var þróað af Perla o.fl. (1980).

Rennslisstig: Úthlaups lengd snjóflóðs, mæld í hektómetrum, sem *flutt* (Sven Sigurðsson o.fl., 1998) hefur verið í *staðalbrekku* með ákveðinni aðferð. Rennslisstig eru ýmist táknuð með r eða rst og eru í þessari skýrslu reiknuð með PCM-líkani með stuðlum sem liggja á ákveðnu bili. Snjóflóð með rennslisstig r_0 er táknað sem snjóflóð með $r = r_0$. Aðferð þessi var þróuð af Kristjáni Jónassyni o.fl. (1999).

$F_{r_0}(F_{13})$: Mat á tíðni snjóflóða með rennslisstig hærra eða jafnt r_0 . Gildið F_{13} er mest notað, þ.e. tíðni í rennslisstigi $r_0 = 13$.

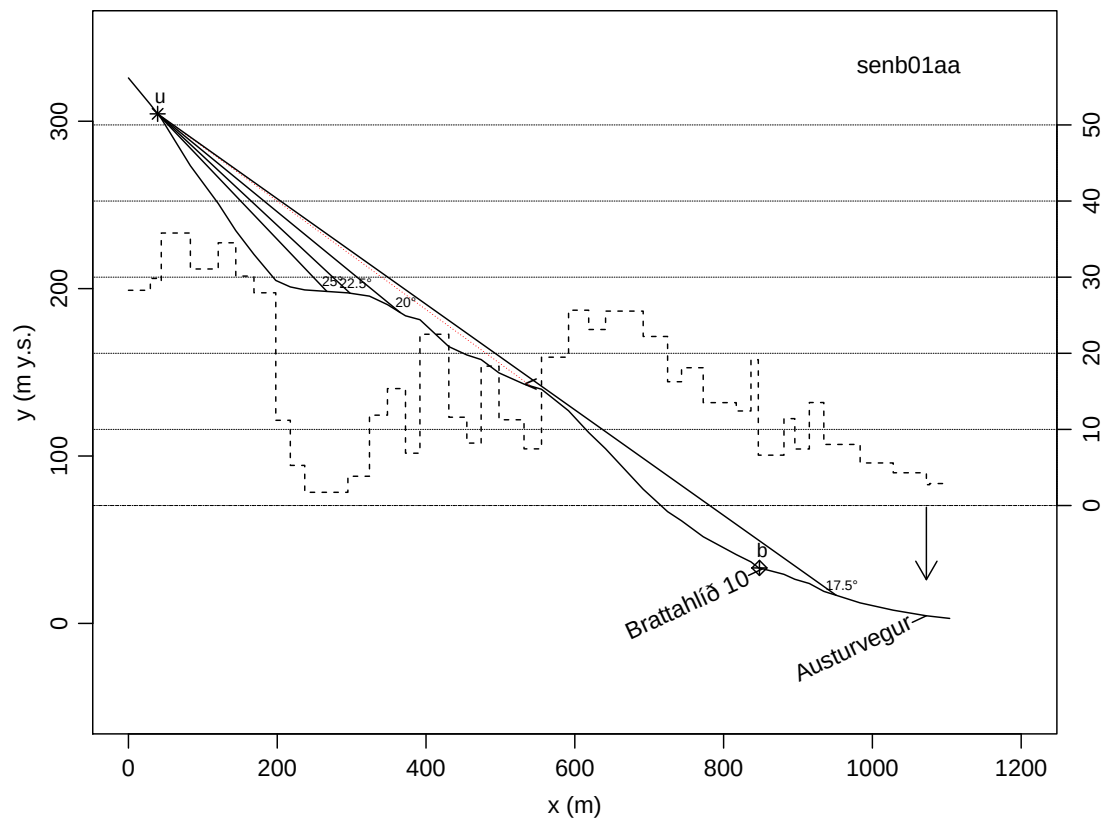
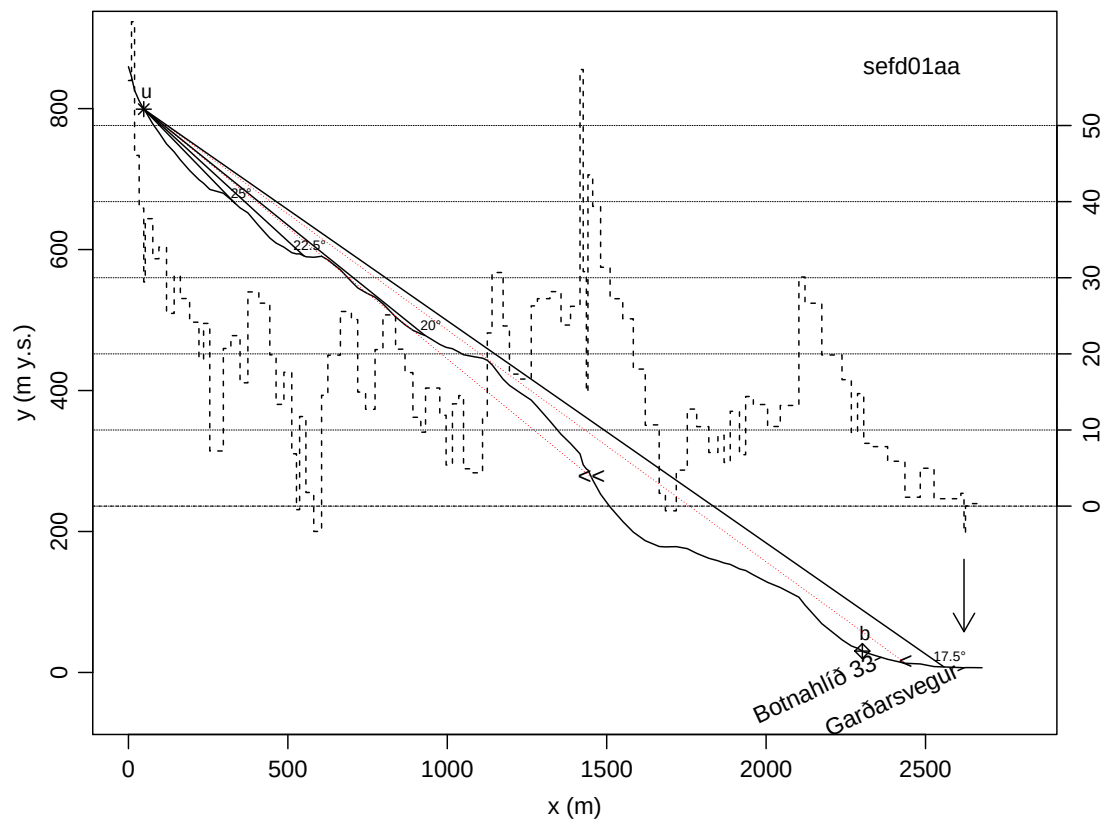


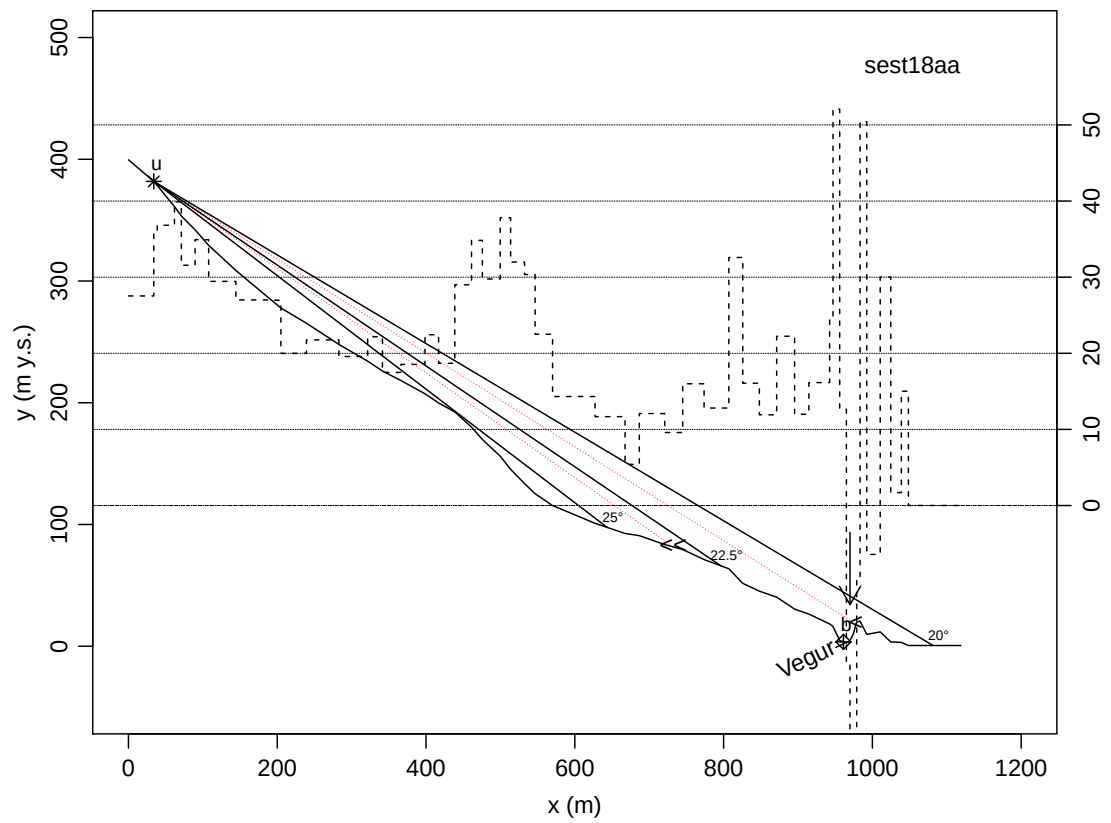
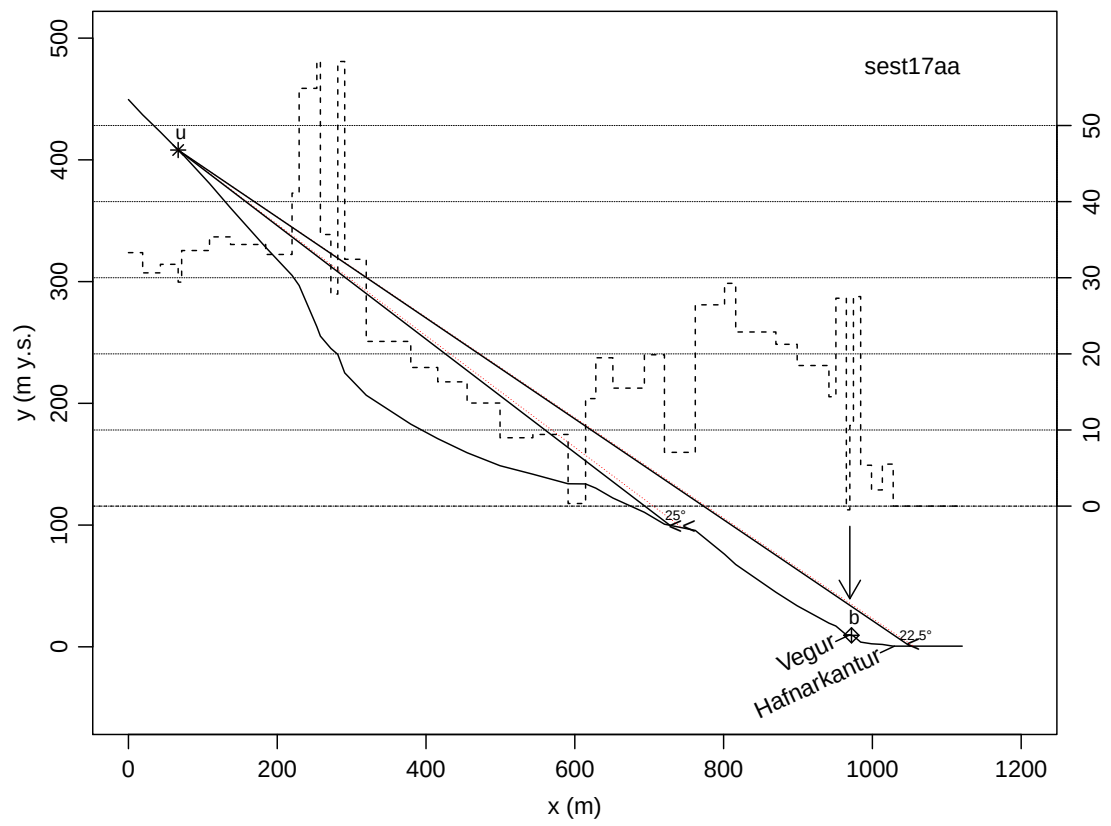
Mynd 38. Staðalbrekka. α -hornið er væntigildi úthlaupshorns snjóflóðs samkvæmt α/β -líkani.

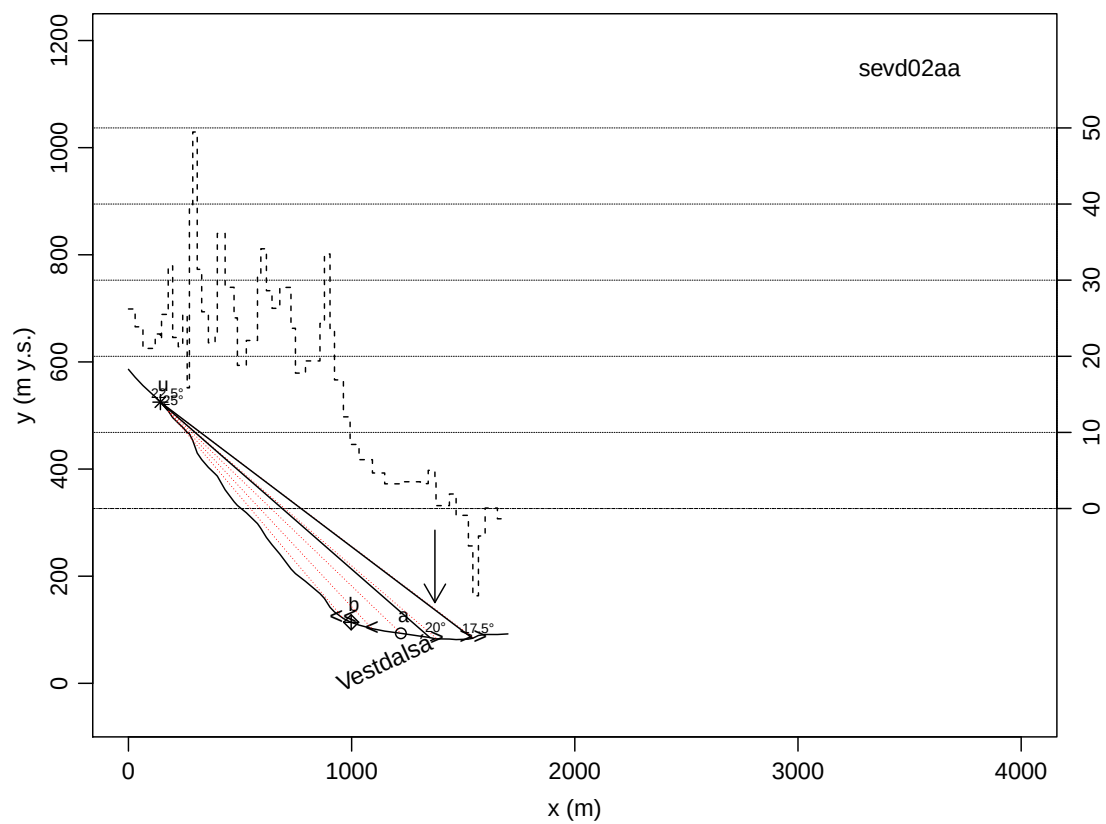
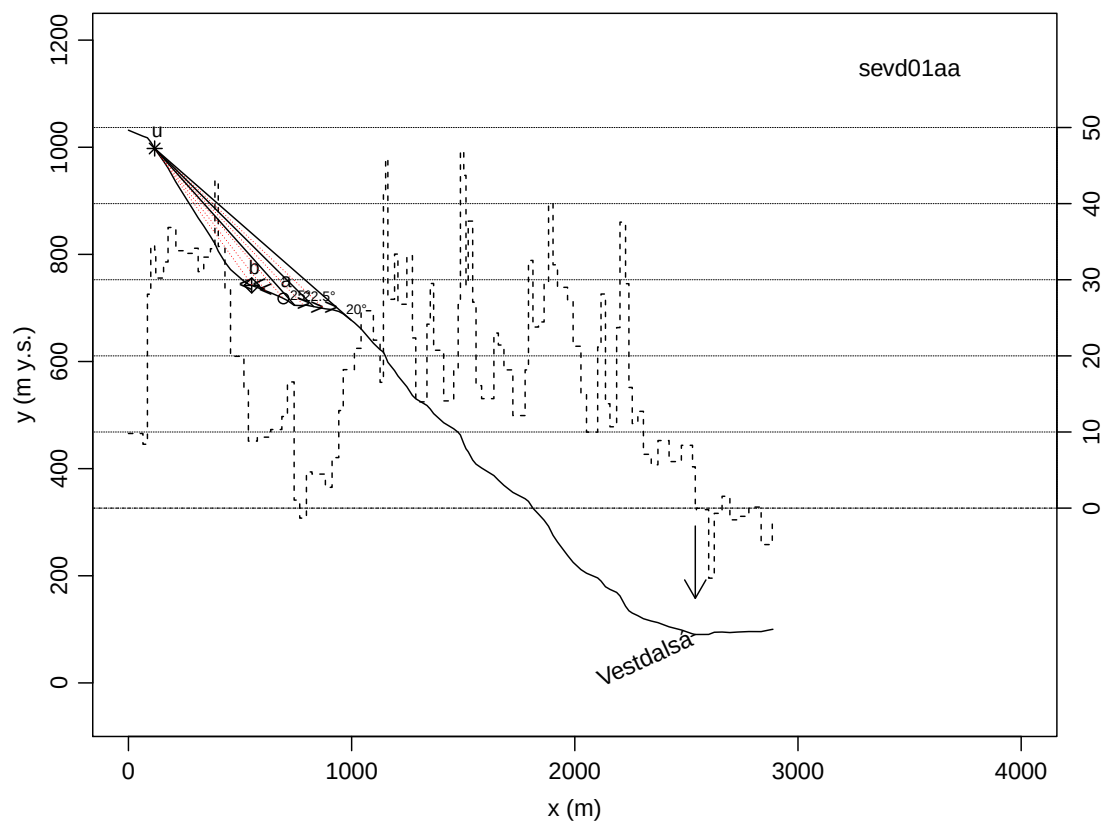
II Langsnið brauta

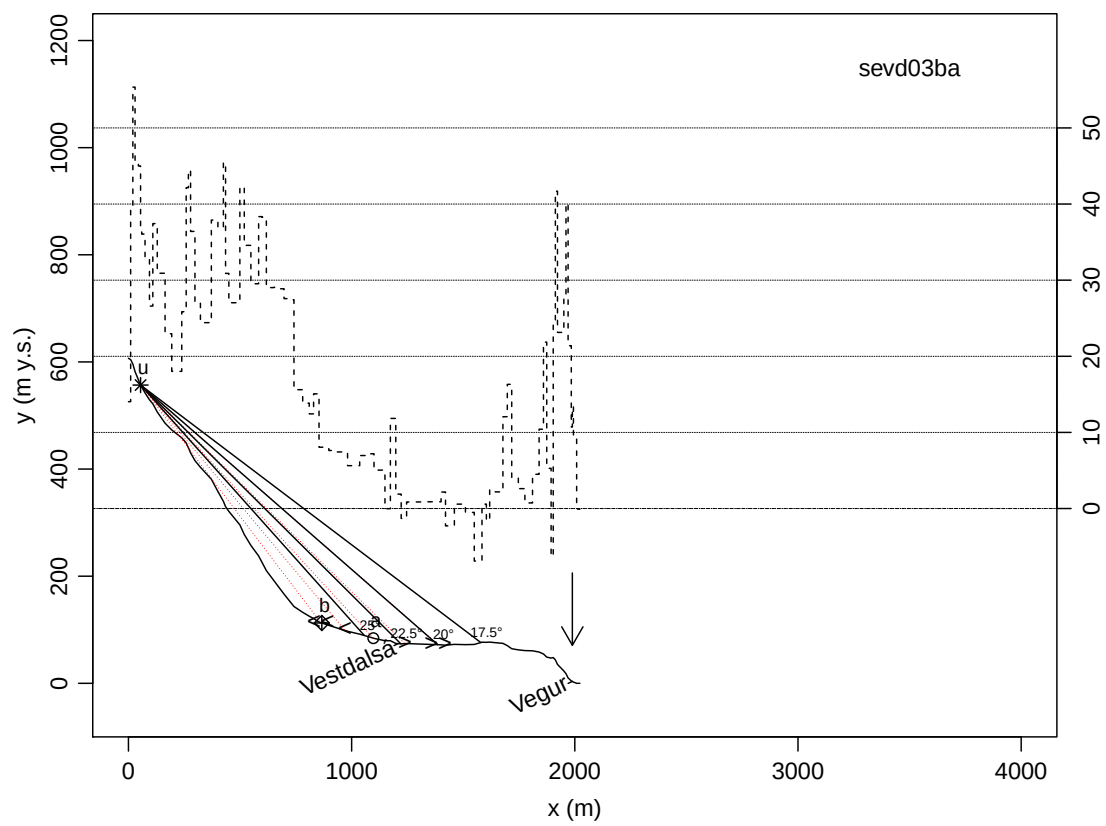
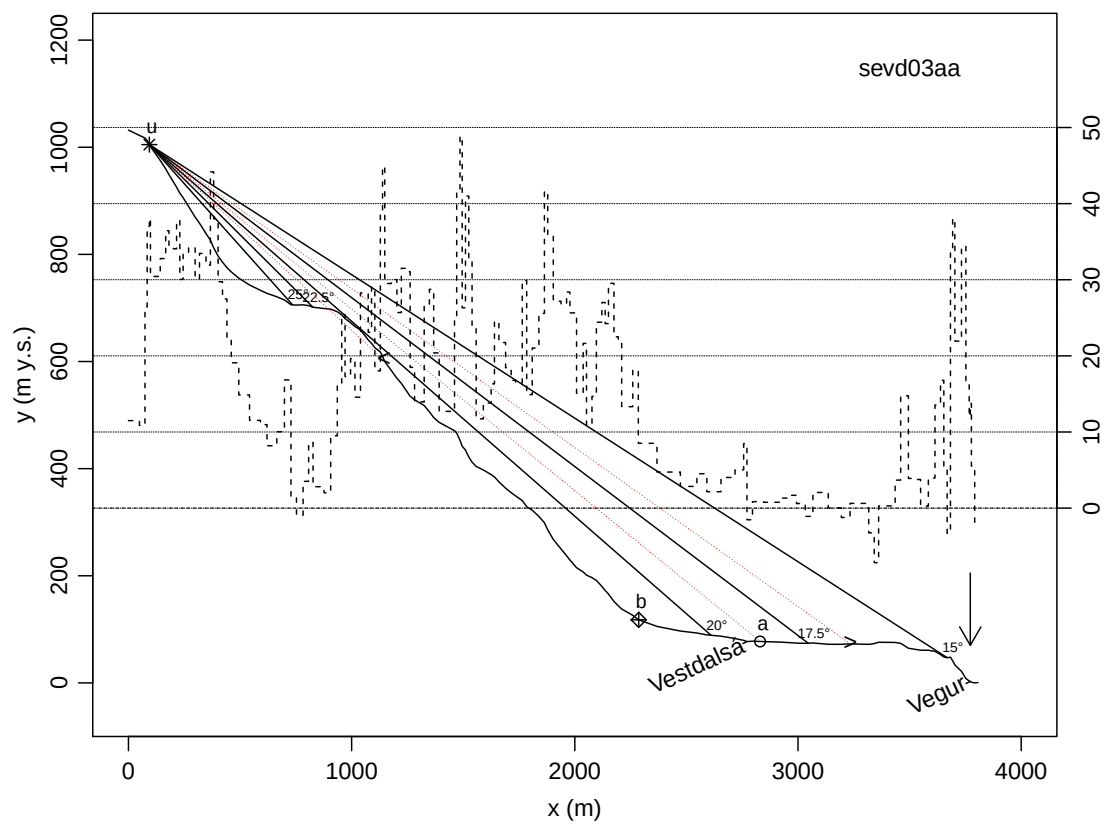
Nafn	Farvegur
sefd01aa	Efri-Botnar, miðja
senb01aa	Neðri-Botnar
sest17aa	Strandartindur, hlíð
sest18aa	Hæðarlækur
sevd01aa	Vestdalur
sevd02aa	Vestdalur
sevd03aa	Vestdalur
sevd03ba	Vestdalur
sevd03ca	Vestdalur
sevd04aa	Vestdalur
sevd04ba	Vestdalur
sevd05aa	Grafargil
sevd05ba	Grafargil
sevd06aa	Grafargil
sevd07aa	Grafargil

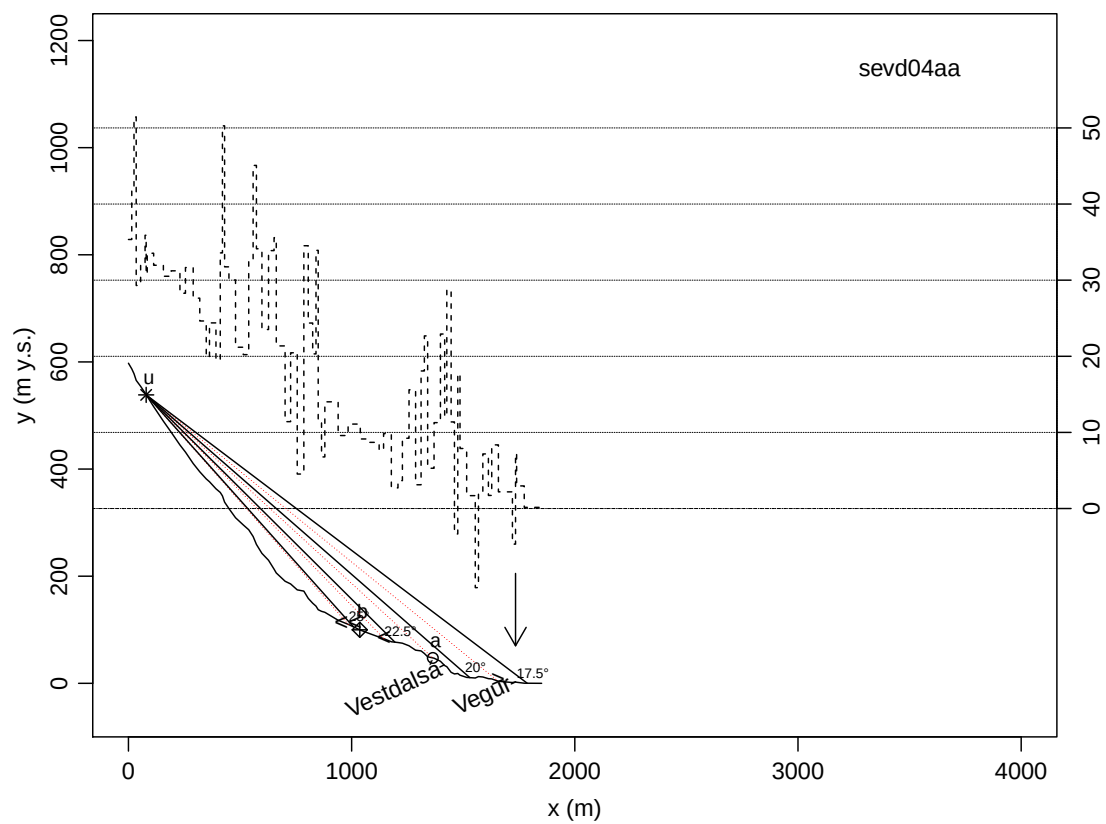
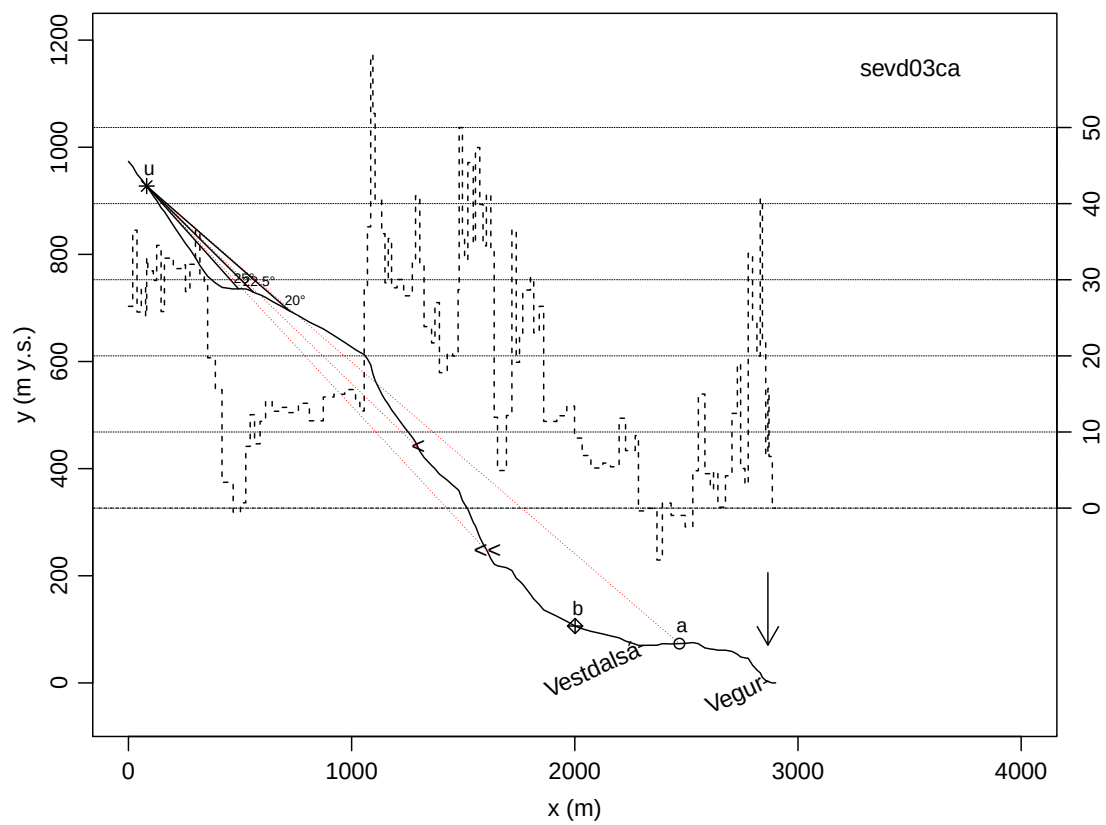
Á sniðunum sýna tákn efsta punkt og β -punkt (b), slitnar línur niðurstöður α/β -líkans, $\alpha + n\sigma$ fyrir $n = +2$ (<<), $+1$ (<), 0 ($\circ$), -1 (>) og -2 (>>) (sjá viðauka I) og heildregnar línur sýna sjónlínu úr upptakasvæðinu fyrir úthlaupshornin 25° , 22.5° , 20.0° , 17.5° og 15.0° . Slitinn ferill sýnir landhalla miðað við kvarða á lóðrétta ásnum hægra megin og láréttar slitnar línur yfir þvera myndina. Lóðrétt ör sýnir staðsetningu viðmiðunarpunkts sem sýndur er með sérstöku tákni neðarlega á brautum á kortum 2, 4 og 6. Athugið að ekki er rétt hlutfall á milli hæðar og láréttar fjarlægðar og því er hæð brekkunnar ýkt á myndunum.

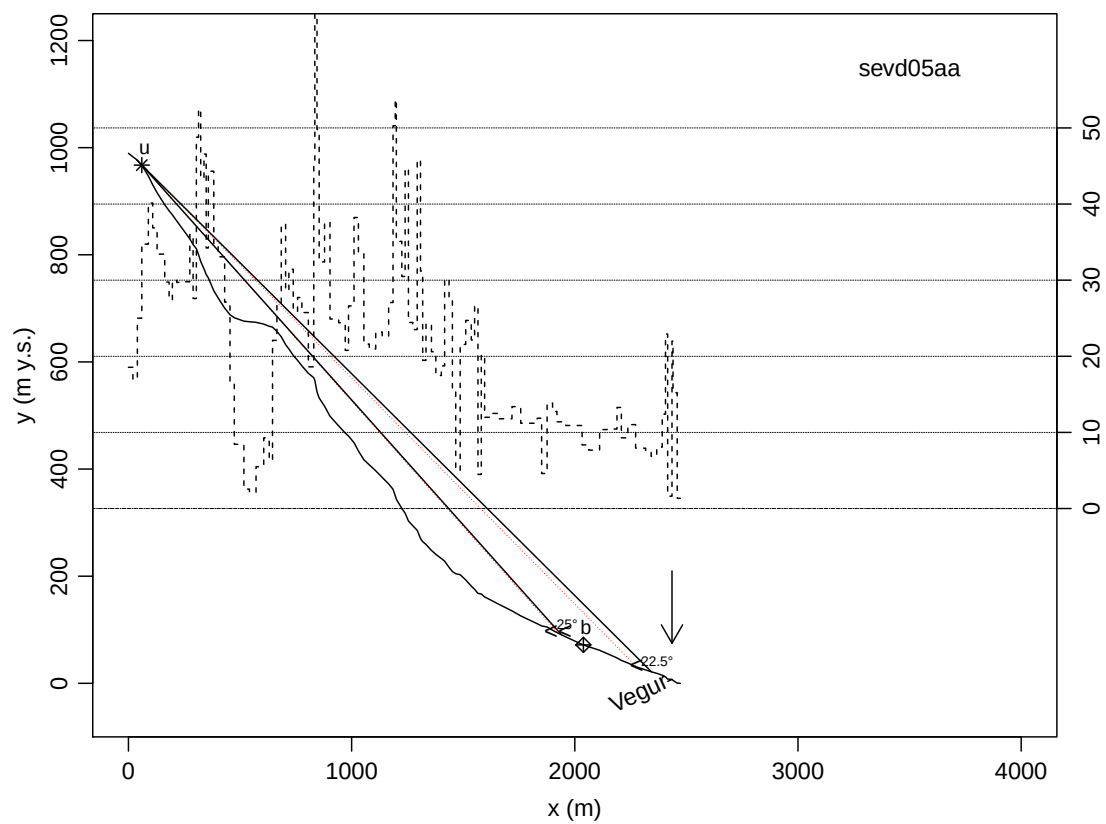
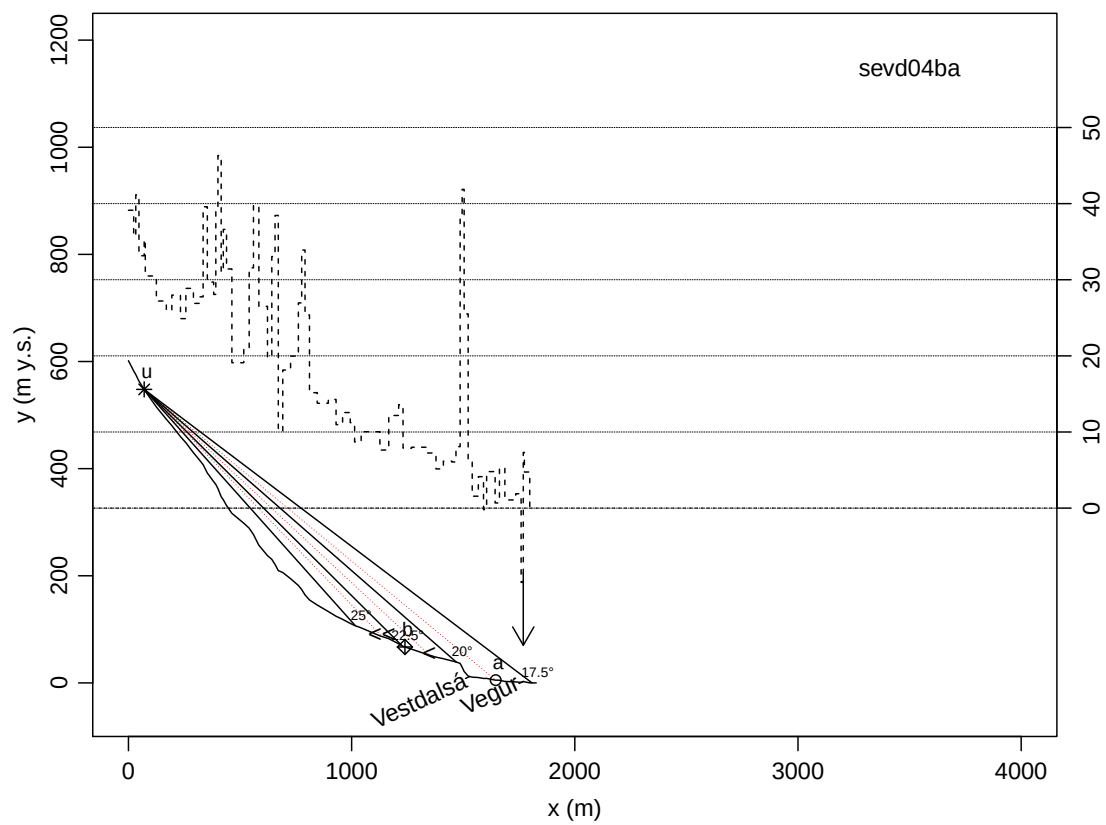


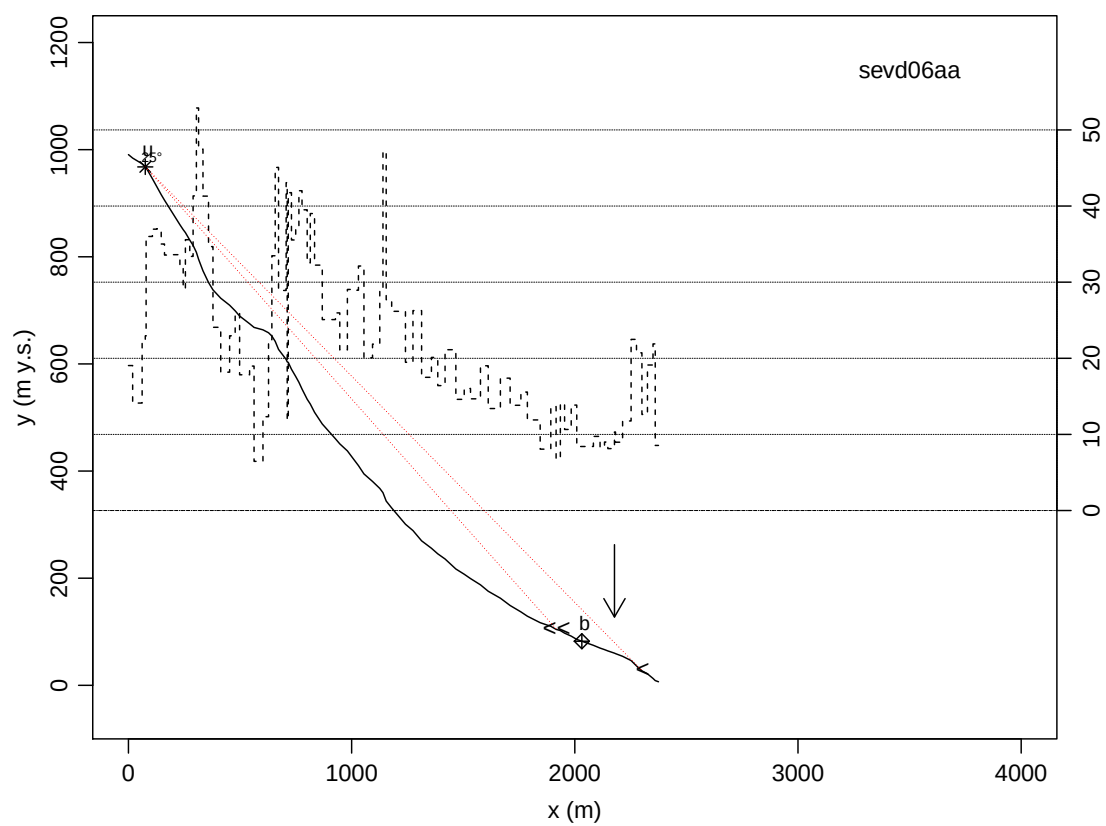
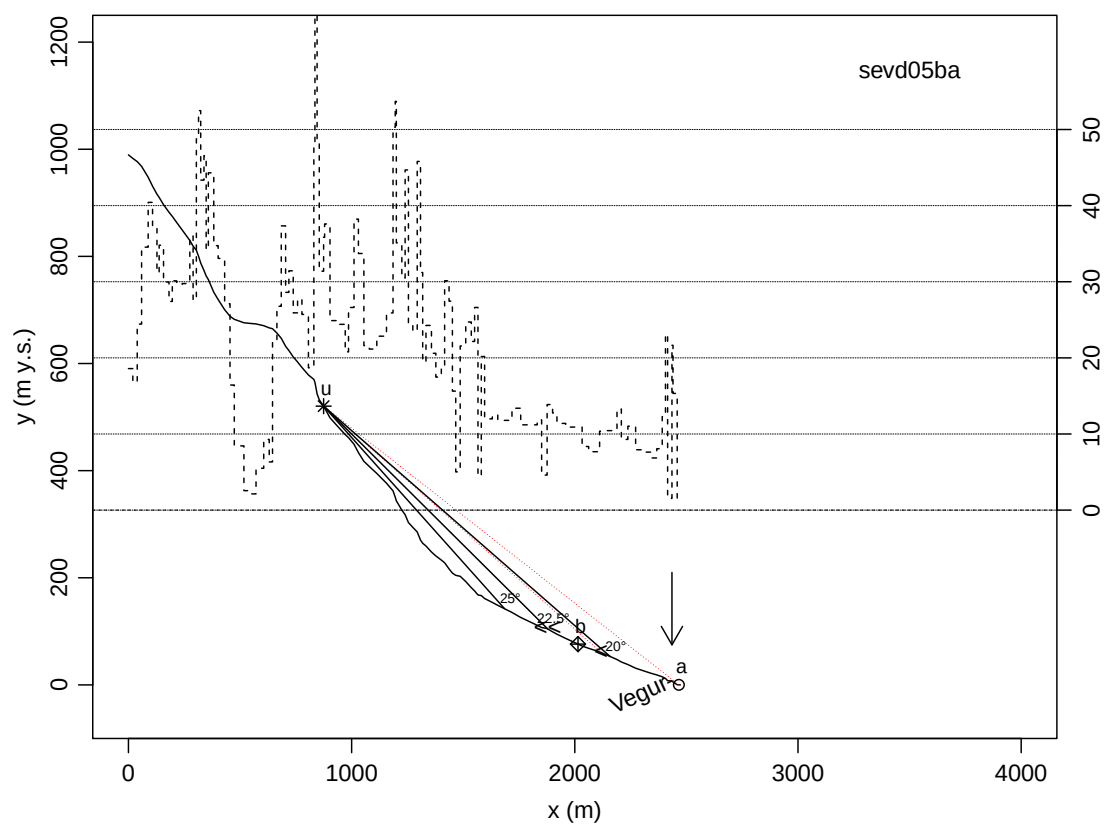


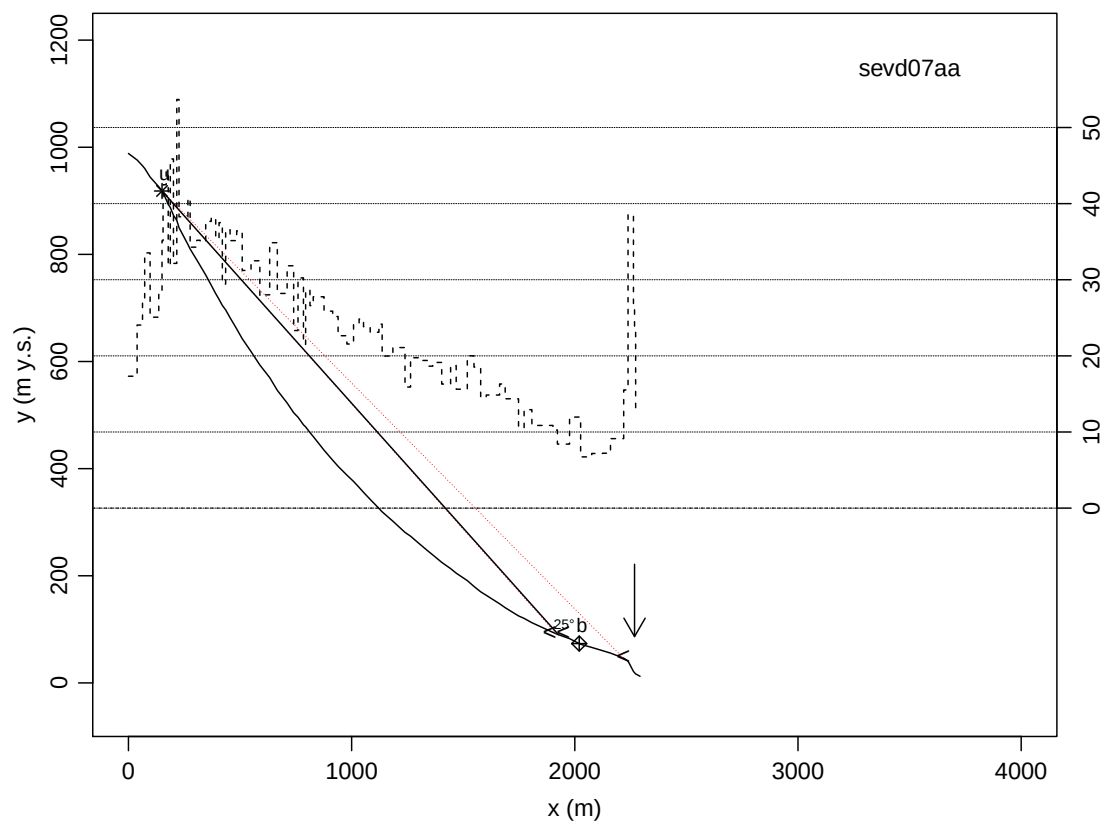












III Kort

- Kort 1.** Hættumetin svæði (A3, 1:20 000). Yfirlitskort af Seyðisfirði ásamt mörkum hættumetina svæða. Á kortinu eru fimm svæði sem hafa verið hættumetin í Seyðisfirði merkt með útgáfuári hættumats. Svæðið sunnan við Fjarðará, þar sem hætta er nú endurmetin, og svæði við Vestdalseyri þar sem hætta er nú metin, eru sérstaklega merk með rauðri skyggingu.
- Kort 2.** Útlínur snjóflóða á Seyðisfirði sunnan Fjarðarár, Strandartindur og Ytri-Dagmálabotn (A3, 1:10 000). Snjóflóð sem féllu fyrir 2002 eru sýnd með rauðum lit.
- Kort 3.** Útlínur snjóflóða á Seyðisfirði sunnan Fjarðarár, Innri-Dagmálabotn og hlíðin innan þéttbýlisins (A3, 1:10 000). Snjóflóð sem féllu fyrir 2002 eru sýnd með rauðum lit.
- Kort 4.** Niðurstöður líkanreikninga á snjóflóðum á Seyðisfirði sunnan Fjarðarár, Strandartindur og Ytri-Dagmálabotn (A3, 1:10 000). Landhalli, möguleg upptakasvæði, brautir, ß-punktar, niðurstöður a/ß-líkans og tvívíð rennslisstig reiknuð með SamosAT snjóflóðalíkaninu.
- Kort 5.** Niðurstöður líkanreikninga á snjóflóðum á Seyðisfirði sunnan Fjarðarár, Innri-Dagmálabotn og hlíðin innan þéttbýlisins (A3, 1:10 000). Landhalli, möguleg upptakasvæði, brautir, ß-punktar, niðurstöður a/ß-líkans og tvívíð rennslisstig reiknuð með SamosAT snjóflóðalíkaninu.
- Kort 6.** Snjóflóðahættumat fyrir sunnanverðan Seyðisfjörð, frá Imslandsgili að Búðará (A3, 1:10 000). Hættumetið svæði, jafnáhættulínur og hættusvæði.
- Kort 7.** Snjóflóðahættumat fyrir sunnanverðan Seyðisfjörð, innan Búðarár (A3, 1:10 000). Hættumetið svæði, jafnáhættulínur og hættusvæði.
- Kort 8.** Skriðusaga Seyðisfjarðar sunnan Fjarðarár (A3, 1:12 500). Útlínur skriðufalla, sprungur og líkleg upptakasvæði.
- Kort 9.** Skriðuhættumat fyrir sunnanverðan Seyðisfjörð (A3, 1:10 000). Hættumetið svæði, jafnáhættulínur og hættusvæði.
- Kort 10.** Ofanflóðahættumat fyrir sunnanverðan Seyðisfjörð, frá Imslandsgili að Búðará (A3, 1:10 000). Hættumetið svæðis, jafnáhættulínur og hættusvæði. Eldra hættumat frá 2002 er sýnt með slitnum línunum og endurskoðaða matið með heildregnum línunum.
- Kort 11.** Ofanflóðahættumat fyrir sunnanverðan Seyðisfjörð, innan Búðarár (A3, 1:5 000). Hættumetið svæði, jafnáhættulínur og hættusvæði. Eldra hættumat frá 2002 er sýnt með slitnum línunum og endurskoðaða matið með heildregnum línunum.
- Kort 12.** Útlínur snjóflóða við Vestdalseyri (A3, 1:12 500).
- Kort 13.** Niðurstöður líkanreikninga á snjóflóðum við Vestdalseyri (A3, 1:12 500). Landhalli, möguleg upptakasvæði, brautir, ß-punktar, niðurstöður a/ß-líkans og tvívíð rennslisstig reiknuð með SamosAT snjóflóðalíkaninu.

Kort 14. Ofanflóðahættumat fyrir Vestdalseyri (A3, 1:7 500). Hættumetið svæði, jafnáhættulínur og hættusvæði.