

Endurskoðun á ofanflóðahættumati fyrir Bíldudal eftir byggingu varnargarðs undir Búðargili DRÖG

Tómas Jóhannesson
Eiríkur Gíslason
Ragnar H. Prastarson

Lykilsíða

Skýrsla nr.: VÍ 2016-	Dags.: Júní 2016	ISSN: 1670-8261	Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/> Skilmálar:
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Endurskoðun á ofanflóðahættumati fyrir Bíldudal eftir byggingu varnargarðs undir Búðargili		Upplag: Fjöldi síðna: Framkvæmdastjóri sviðs: Jórunn Harðardóttir	
Höfundar: Tómas Jóhannesson, Eiríkur Gíslason og Ragnar H. Prastarson		Verkefnisstjóri: Eiríkur Gíslason Verknúmer: 4754-2-0004	
Gerð skýrslu/verkstig: DRÖG		Málsnúmer: 2016-163	
Unnið fyrir: Vesturbyggð			
Samvinnuaðilar:			
Útdráttur: Ofanflóðahættumat fyrir Bíldudal hefur verið endurskoðað eftir byggingu leiðigarðs undir Búðargili. Leiðigarðurinn beinir snjóflóðum og skriðuföllum úr gilinu til norðurs frá meginbyggð þorpsins. Varnargarðurinn dregur mikið úr ofanflóðahættu á svæðinu og færast B-og C-línur hættumatsins 125–175 m nær fjallinu á svæðinu undir garðinum. Hættusvæði A í byggðinni neðan garðsins nær til hættusvæðis C skv. fyrra mati eins og víðast er gert í varúðarskyni á hættusvæðum neðan varnarvirkja hér landi. Alls telst garðurinn verja 58 eignir gegn ofanflóðum úr Búðargili. Þar af voru 33 eignanna á hættusvæði C skv. fyrra hættumati og eru 20 þeirra íbúðarhús. Garðurinn beinir flóðum úr Búðargili eftir afmörkuðum farvegi til sjávar og má gera ráð fyrir að ofanflóðahætta aukist þar frá því sem áður var. Kaupa þurfti upp nokkur hús sem garðurinn ver ekki, samtals 5 íbúðir og 6 aðrar byggingar. Þessar byggingar fá að standa óhreyfðar eftir byggingu snjóflóðavarnanna en nýtingu þeirra að vetrarlagi eru takmörk sett. Hagstæðar aðstæður eru til þess að koma fyrir leiðigarði undir Búðargili og garðurinn veitir byggðinni góða vörn miðað við aðra staði þar sem ofanflóðavarnir hafa verið reistar hér á landi.			
Lykilorð: Bíldudalur, Búðargil, hættumat, varnarvirki, snjóflóð, krapaflóð, skriðuföll		Undirskrift framkvæmdastjóra sviðs:	
		Undirskrift verkefnisstjóra:	
		Yfirfarið af: SG	

Efnisyfirlit

1 Inngangur	7
1.1 Aðferðafræði og reglugerðarrámmi	7
1.2 Óvissa	9
2 Staðhættir	10
3 Ofanflóðasaga	11
4 Varnarvirki	13
5 Hættumat	16
6 Niðurstaða	18
7 Heimildir	19
Viðaukar	
I Tæknileg hugtök og skilgreiningar	23
II Snjóflóð	25
III Kort	27

1 Inngangur

Þessi skýrsla lýsir endurskoðun ofanflóðahættumats fyrir hluta þéttbýlisins á Bíldudal í Vesturbyggð eftir byggingu varnargarðs undir Búðargili, sjá afmörkun hættumets svæðis á korti 1. Hættumatið var unnið fyrir Vesturbyggð af Veðurstofu Íslands samkvæmt reglugerð nr. 505/2000 um hættumat vegna ofanflóða og flokkun og nýtingu hættusvæða með síðari breytingum.

Undirbúningur að byggingu snjóflóðavarna á Bíldudal hófst í framhaldi af vinnu við hættumat vegna ofanflóða (Kristján Ágústsson o.fl., 2003) sem staðfest var með undirritun ráðherra í janúar 2004. Lausleg forhönnun var unnin haustið 2004. Frumathugun fór svo fram árið 2005 og lauk með útgáfu skýrslu frá Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen hf. í nóvember það ár (VST, 2005). Lagt var til að reistur yrði leiðigarður undir Búðargili sem tæki við snjó-, krapa- og aurflóðum og leiddi þau til sjávar. Verkleg framkvæmd var boðin út hjá Framkvæmdasýslu Ríkisins og tilboð opnuð í lok mars 2008. Verklegum framkvæmdum lauk sumarið 2010 að undanskilinni gróðursetningu.

Þeir sem komu að hættumatinu fyrir svæðið sem hér er til umfjöllunar voru Tómas Jóhannesson, Eiríkur Gíslason og Ragnar H. Þrastarson. Endurskoðun hættumatsins byggir á tillögu að endurskoðuðum hættumatslínnum sem lagðar voru fram af Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen í frumathuguninni frá 2005 og bornar undir Veðurstofuna.

Í fyrsta hluta skýrslunnar er samantekt um staðhætti og snjóflóðaaðstæður undir Búðargili í kafla 2 og snjóflóðasögu í kafla 3. Varnargarðinum neðan gilsins er lýst í kafla 4 og lagt er fram hættumat fyrir byggðina neðan hans í kafla 5. Að lokum eru helstu niðurstöður hættumatsins dregnar saman í kafla 6.

Skýrslunni fylgja tveir viðaukar. Viðauki I inniheldur lýsingu á tæknilegum hugtökum og skammstöfunum. Þar er m.a. um að ræða rennslisstig (r) og úthlaupshorn (α -horn) snjóflóða. Ennfremur eru þar skilgreiningar á α - og β -punktum og lýsing á α/β -líkaninu. Í viðauka III eru kort, þ.m.t. hættumatskort.

1.1 Aðferðafræði og reglugerðarrammi

Ofanflóðahættumat er unnið skv. reglugerð nr. 505 sem umhverfisráðuneytið gaf út í júlí árið 2000 með breytingum í reglugerð nr. 495 frá maí 2007, nr. 309 frá mars 2010, nr. 1017 frá desember 2010 og nr. 343 frá mars 2014 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% af tíma sínum á heimilum og allt að 40% í atvinnu-

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.

húsnaði. Samkvæmt reglugerð um hættumat (umhverfisráðuneytið, 2000, 2007) skal afmarka þrenns konar hættusvæði sem lýst er í töflu 1.

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 íbúðarbyggð, 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 íbúðarbyggð, 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).

Hættumatið vegna ofanflóða tekur til snjóflóða, krapaflóða, aurskriðna, grjóthruns, berghlaupa og annars framskriðs úr hlíðum, svo og aurblandaðra krapa- og vatnsflóða í bröttum farvegum (sbr. Tómas Jóhannesson og 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.“

1.2 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.



Mynd 1. Búðargil í Bíldudalsfjalli og byggðin á Búðareyri. Ljósmynd: Veðurstofan, október 2011.

2 Staðhættir

Í fyrri skýrslum Veðurstofunnar um hættumat og ofanflóðasögu Bíldudals er gerð grein fyrir landfræðilegum aðstæðum og jarðfræði svæðisins, veðurfari, snjósöfnun í upptakasvæði, ofanflóðasögu og veðuraðdraganda ofanflóða (Þorsteinn Sæmundsson o.fl., 1999; VÍ, 2003; Kristján Ágústsson o.fl., 2003). Vísað er til þessara skýrslna, sem aðgengilegar eru á hættumatsvef Veðurstofunnar, um nánari upplýsingar en látið duga hér að taka saman stutta lýsingu á landslagi, örnefnum og snjóflóðaaðstæðum sem koma við sögu við endurskoðun hættumatsins.

Bíldudalur stendur við Bíldudalsvog sem gengur til suðvesturs inn úr Arnarfirði. Þéttbýlið stendur utarlega við norðvesturströnd vogsins undir Bíldudalsfjalli (kort 1) sem rís upp í um 450 metra yfir sjó (mynd 1). Í fjallshlíðinni eru tvö áberandi gil sem nefnast Búðargil utar og Stekkjargil eða Gilsbakkagil innar. Fjallshlíðin á milli þeirra er nefnd Milligil og einkennist af grunnum gilskorningum. Þrjú giljanna eru áberandi stærst og bera tvö þeirra nafn. Næst Búðargili er Klofagil sem klofnar í tvennt eins og nafnið gefur til kynna. Næst tekur við Merkjagil en hið þriðja og ónefnda er svo næst Stekkjargili. Stórar aurkeilur eru neðan Búðargils og Stekkjargils og eru þær lítt grónar. Toppar þeirra eru í um 100 m y.s. og ná þær niður undir sjávarmál. Keilurnar er svipaðar af stærð sem bendir til þess að svipuð virkni hafi verið í báðum giljunum. Mestur hluti byggðarinnar stendur á þessum aurkeilum.

Endurskoðun hættumatsins nú miðast við svæði undir Búðargili sem afmarkað er á korti 1 þar sem nú hefur verið reistur leiðigarður sem er einnig sýnilegur á mynd 1.



Mynd 2. Krapaflóð úr Búðargili á Bíldudal 13. mars 2016 lenti á húsinu Höfðabrún, Lönguhlíð 22, og olli nokkrum skemmdum á því (myndin til vinstri). Húsið var keypt upp þegar varnargarður var reistur. Flóðið rann niður með varnargarði sem reistur var neðan gilsins árið 2009 (myndin til hægri). Ljósmyndir: Veðurstofan, mars 2016.

3 Ofanflóðasaga

Gerð er grein fyrir sögu snjóflóða og skriðufalla á Bíldudal til vorsins 2002 í skýrslunni „Ofanflóð á Bíldudal“ sem tekin var saman af starfsmönnum Veðurstofu Íslands (2003) og byggir að miklu leyti á heimildum frá Ólafi Jónssyni o.fl. (1992, I–III). Síðan 2002 hafa einungis verið skráð þrjú ofanflóð til viðbótar úr Búðargili, ein aurskriða, eitt lítið snjóflóð og eitt krapaflóð. Upplýsingar um flóðin úr ofanflóðagagnasafni Veðurstofu Íslands koma fram í viðauka II og útlínur sumra þeirra eru sýndar á korti 2.

Flóðin sem fallið hafa síðan 2002 sæta ekki miklum tíðindum og breyta ekki mati á tíðni snjóflóða eða skriðufalla eða öðrum forsendum hættumats og varnarvirkja. Þó er rétt að fara nokkrum orðum um krapaflóðið sem féll úr Búðargili þann 13. mars 2016 og lenti á húsinu Höfðabrún, Lönguhlíð 22, og olli nokkrum skemmdum á því, sjá mynd 2 til vinstri. Flóðið féll um kl. 16:40 og niður eftir rásinni meðfram garðinum án þess að renna að heita má upp á hann, sjá mynd 2 til hægri. Tunga flóðsins náði nokkuð niður fyrir efstu götu í bænum undir gilinu, Lönguhlíð. Húsið sem flóðið féll á er ekki varið af garðinum og var keypt upp af sveitarfélaginu þegar garðurinn var reistur. Flóðið var um 30 m breitt á götunni og rann niður með húsinu beggja vegna. Fleiri minni krapaflóð féllu úr hlíðinni ofan Bíldudals þennan dag en þau stöðvuðust í hlíðinni ofan byggðarinnar eins og sést á korti á mynd 3.



Mynd 3. Krapaflóð á Bíldudal 13. mars 2016. Flóðið úr Búðargili rann niður með varnargarði og lenti á húsinu Höfðabrún, Lönguhlíð 22, og olli nokkrum skemmdum á því. Húsið var keypt upp þegar varnargarðurinn var reistur.

4 Varnarvirki

Vinna við undirbúning ofanflóðaflóðavarna á Bíldudal hófst haustið 2004 með lauslegri forhönnun sem unnin var í tengslum við efnistöku vegna landfyllingar fyrir kalkþörungaverksmiðju með það í huga að efnistakan nýttist sem hluti af snjóflóðavörnum fyrir byggðina neðan Búðargils. Frumathugun á snjóflóðavörnum fyrir norðurhluta Bíldudals var síðan unnin af VST (nú Verkís) og lögð fram árið 2005 (VST, 2005). Verkhönnun mannvirkjanna var unnin af Verkfræðistofu Norðurlands og landslags- og skipulagsarkitekastofunni Landark en verktakinn KNH ehf. byggði garðinn á árunum 2008–2010. Gróðursetning og annar frágangur á yfirborði tók nokkru lengri tíma og unnið hefur verið að breytingum á frárennslikerfi bæjarins í nágrenni garðsins sem í ljós kom að gera þurfti eftir að garðurinn var reistur. Á grundvelli frumathugunar og umhverfisskýrslu um matsskyldu og breytingu aðalskipulags (Landmótun og Vesturbyggð, 2008) úrskurðaði Skipulagsstofnun með bréfi þann 16. júní 2006 að framkvæmdin væri ekki svo umfangsmikil að vinna þyrfti formlegt mat á umhverfisáhrifum hennar vegna.

Í frumathugun var lagður til leiðigarður neðan Búðargils sem beinir flóðum til norðurs og til sjávar og um 50 m langur, mun lægri garður neðst og nyrst í rásinni. Hönnun garðsins miðast við snjóflóð sem hefur hraðann 38 m/s neðan gilkjaftsins, þykkt kjarna flóðsins er metin um 5 m, leiðihorn flóðstraumsins þegar hann skellur á garðinum með mestum þunga er 22° og snjódypt við garðinn áður en flóðið fellur er 3 m (sjá nánar í skýrslu VST, 2005). Efni í garðana og aðra landmótun var tekið úr aurkeilunni neðan gilsins og með efnistöku formuð renna fyrir snjóflóð meðfram garðinum. Rúmmál garðanna er um 85 þús. m³, lengd stóra leiðigarðsins um 300 m og mesta hæð hans um 20 m yfir botnrásinni skammt neðan gilkjaftsins. Flóðmegin er efsti hluti garðsins brattur og byggður upp með svokölluðum netgrindum til styrkingar þannig að hallinn verður 1:0.25 og er þessi hluti garðsins um 100 m að lengd. Neðri hluti garðsins er hefðbundinn jarðvegsgarður með hallanum 1:1.5 flóðmegin.

Myndir 4 og 5 sýna Búðargil og byggðina neðan þess eftir að garðurinn var reistur og kemur hinn nýi farvegur flóða meðfram garðinum vel fram á síðari myndinni. Mynd 6 sýnir hins vegar garðinn ofan frá, úr gilinu nokkru ofan við gilkjaftinn, og sést vel hvernig garðurinn beinir flóðum til norðurs, í áttina til sjávar, norðan við meginbyggðina undir Búðargili. Húsið lengst til vinstri á myndinni er Langahlíð 22 (Höfðabrún) sem krapaflóð lenti á þann 13. mars 2016 eins og nánar er frá greint í kafla 3.



Mynd 4. Byggðin á Bíldudal séð frá suðaustri úr flugvél. Aurkeilan undir Búðargili og bakhlið leiðigarðsins sjást vel. Ljósmynd: © HAG/Vb, júní 2015.



Mynd 5. Byggðin á Bíldudal séð frá norðaustri úr flugvél. Leiðigarðurinn neðan Búðargils og rásin meðfram honum sjást vel. Ljósmynd: © HAG/Vb, júní 2015.



Mynd 6. Horft niður Búðargil, yfir varnargarðinn og rásina meðfram honum. Ljósmynd: Veðurstofan, október 2011.

5 Hættumat

Við endurskoðun hættumats þarf að meta áhrif varnargarðsins undir Búðargili til þess að draga úr hættu af völdum snjóflóða og skriðufalla í byggðinni undir garðinum og einnig hvort hætta kunni að aukast marktækt í rás flóða sem garðurinn beinir í ákveðinn, afmarkaðan farveg til sjávar. Jafnframt þarf að ákveða hvort ástæða er til þess að endurskoða að einhverju leyti þær forsendur sem lagðar voru til grundallar fyrra hættumati Veðurstofunnar (Kristján Ágústsson o.fl., 2003). Í heimildaskrá er listi yfir nokkrar skýrslur sem tengjast fyrra ofanflóðahættumati fyrir Bíldudal.

Eins og nefnt var í kafla um ofanflóðasögu breyta flóð, sem fallið hafa síðan fyrra hættumat var gert, ekki mati á tíðni snjóflóða eða skriðufalla eða öðrum forsendum hættumats og varnarvirkja. Ekki hafa heldur orðið þær breytingar á aðferðafræði við ofanflóðahættumat hér á landi á þessu tímabili að það gefi tilefni til breytinga.

Leiðigarðurinn er hannaður samkvæmt evrópskum viðmiðunarreglum um hönnun snjóflóðagarða (Tómas Jóhannesson o.fl., 2009) og miðast við hönnunarsnjóflóð sem stöðvast við B-línu hættumatsins frá 2003 (VST, 2005) en það er talið hafa um 1000 ára endurkomutíma (Kristján Ágústsson o.fl., 2003, endurkomutíminn er í hættumatsskýrslunni tilgreindur á bilinu 300 til 3000 ár). Ekki er unnt að reikna nákvæmlega með straumfræðilegum aðferðum hvaða áhrif varnargarðar hafa á flæði snjóflóða en fyrirbyggjandi eru ýmsar viðteknar forsendur sem notaðar eru við hættumat undir slíkum gördum (Tómas Jóhannesson o.fl., 2009). Hér er miðað við að leiðigarðurinn beini hinum þetta kjarna hönnunarsnjóflóðs, svo og krapaflóðum og skriðuföllum, til sjávar eftir rásinni meðfram honum þannig að hætta neðan garðsins takmarkist við efnislitlar skvettur úr skopplagi flóðanna og kóf sem kann að vera samfara þurrum snjóflóðum. Jafnframt er miðað við að garðurinn beini miklum meirihluta stærri flóða sömu leið þannig að áhætta af þeirra völdum í byggðinni neðan garðsins minnki um a.m.k. stærðarþrep. Skilgreint er C-svæði neðan garðfótarins þar sem hætta kann að stafa af efni sem kastast getur yfir garðinn. Einnig er skilgreint A-svæði í byggðinni neðan garðsins sem nær til C-svæðisins skv. fyrra mati eins og víðast er gert í varúðarskyni á hættusvæðum neðan varnarvirkja hér landi.

Í flóðrásinni norðan garðsins er skilgreint C-svæði út fyrir ströndina, og B-svæði þar fyrir utan, þar sem ætla má að garðurinn valdi tíðari flóðum og auki skriðlengd með því að beina flóðum í stríðari straum. Á þessu svæði gerir endurskoðaða hættumatið ráð fyrir áhætta hækki um stærðarþrep með tilkomu garðsins. Þegar kemur niður fyrir neðri enda leiðigarðsins er gert ráð fyrir að flóð kunni að breiða úr sér til hliðar og er miðað við að breikkunin takmarkist við u.þ.b. 20° frá stefnu flóða samsíða neðsta hluta garðsins (sbr. Tómas Jóhannesson o.fl., 2009, bls. 46). C-svæði er þó dregið svolítið sunnar en sem þessu nemur næst garðendanum þar sem húsin að Lönguhlíð 18 verða áfram á hættusvæði C skv. endurskoðuðu hættumati vegna hættu á því að flóð breiði hraðar úr sér næst garðinum en þegar neðar dregur. Eignir á þessu svæði hafa verið keyptar upp með tilstyrk Ofanflóðasjóðs og notkun þeirra að vetrarlagi er takmörkunum háð eftir byggingu garðsins. Rétt er að fara varlega í nýtingu þessa svæðis í framtíðinni í ljósi þess að hætta þar hefur aukist með tilkomu varnargarðsins. Hugsanlegt er að slys eða tjón í flóðrásinni getið talist að hluta til á ábyrgð yfirvalda vegna þess að hægt er að færa rök fyrir því að framkvæmdir á þeirra vegum hafi átt þátt í að flóð úr Búðargili falla nú þar fremur en annars staðar á aurkeilunni neðan gilsins (sbr. umræðu í minnisblaði Tómasar Jóhannessonar, 2010, um nýtingu húseigna á þessu svæði).

Endurskoðaða hættumatið, sem er samhljóða tillögu VST frá 2005, er sýnt á korti 2. Fyrri hættumat frá 2003 undir Búðargili er sýnt með brotnum línunum þar sem það er frábrugðið endurskoðaða hættumatinu sem sýnt er með heildregnum línunum. Kortið sýnir einnig framlengingu hættumatsins frá 2003 til norðurs á svokallaðri Banahleini (Eiríkur Gíslason og Jón Kristinn Helgason, 2014). Á mörkum hættumatsins frá 2003 og framlengingarinnar frá 2014 er hættumatslínunum frá 2003 hliðrað svolítið fjær fjallinu þannig að hættusvæðin tengist eðlilega. Þessi breyting frá fyrri mati hefur ekki teljandi áhrif á legu hættumatslína í grennd við byggingar.

Óvissa

Óvissa í endurskoðaða hættumatinu neðan varnargarðsins undir Búðargili er talin á bilinu 1–2 eins og víðast fyrir svæði neðan varnarvirkja hér á landi. Sökum þess að virkni leiðigarða ef betur þekkt en annarra snjóflóðagarða, m.a. á grundvelli snjóflóða sem slíkir garðar hafa bægt frá byggð á nokkrum stöðum hér á landi, og einnig vegna þess aðstæður til byggingar leiðigarðs undir Búðargili eru hagstæðar, er óvissan líklega nær 1 en 2.

6 Niðurstaða

Leiðigarður undir Búðargili beinir snjóflóðum og skriðuföllum úr gilinu til norðurs frá meginbyggðinni á Bíldudal, þ.m.t. hafnar- og þjónustusvæðinu á og við aurkeiluna neðan gilsins. Skólahúsið á Bíldudal er meðal bygginga sem garðurinn ver fyrir flóðum úr gilinu en það stendur nærri suðurjaðri aurkeilunnar og því gat verið hætta búin í stórum krapaflóðum. Varnargarðurinn dregur mikið úr ofanflóðahættu á svæðinu og færast B- og C-línur hættumatsins 125–175 m nær fjallinu á svæðinu undir garðinum. Hættusvæði A í byggðinni neðan garðsins nær til hættusvæðis C skv. fyrra mati eins og víðast er gert í varúðarskyni á hættusvæðum neðan varnarvirkja hér landi. Alls telst garðurinn verja 58 eignir gegn ofanflóðum úr Búðargili. Þar af voru 33 eignanna á hættusvæði C skv. fyrra hættumati og eru 20 þeirra íbúðarhús (VST, 2005).

Garðurinn beinir flóðum úr Búðargili eftir afmörkuðum farvegi til sjávar og er þar skilgreint C-svæði út fyrir ströndina, og B-svæði þar fyrir utan, þar sem ætla má að garðurinn valdi tíðari flóðum og auki skriðlengd með því að beina flóðum í stríðari straum. Kaupa þurfti upp nokkur hús sem garðurinn ver ekki, samtals 5 íbúðir og 6 aðrar byggingar. Þessar byggingar fá að standa óhreyfðar eftir byggingu snjóflóðavarnanna en nýtingu þeirra að vetrarlagi eru takmörk sett.

Fræðilegur skilningur á áhrifum varnargarða á snjóflóð er takmarkaður og ýmsum vandkvæðum er bundið að meta áhrif þeirra á áhættu fólks í byggð neðan varnarvirkja. Í sumum löndum Evrópu er hættumati neðan varnarvirkja ekki breytt eftir byggingu þeirra og takmarkanir á nýtingu landsvæða neðan varnarvirkja standa því óbreyttar eftir að varnir hafa verið reistar. Hér á landi á skv. reglugerð um hættumat að leggja mat á áhrif varnarvirkja til minnkunar áhættu og breyta legu hættumatslína í samræmi við það. Slíkt mat verður óhjákvæmilega mjög óviss vegna fyrrnefndra takmarkana á skilningi á áhrifum varnarvirkja á flæði snjóflóða. Hættumat neðan varnarvirkja byggist að talsverðu leyti á huglægu mati sérfræðinga sem það vinna, en matið er einnig byggt á tölfræðilegum og eðlisfræðilegum reikningum. Þeir aðilar sem nota hættumat undir varnarvirkjum við skipulagsgerð eða önnur störf í viðkomandi byggðarlögum þurfa að vera meðvitaðir um þessa óhjákvæmilegu óvissu í hættumatinu. Sveitarfélögum ber skv. reglugerð um hættumat að „stýra skipulagsgerð og þróun byggðar með tilliti til ofanflóðahættu“ á svæðum sem varin hafa verið með varnarvirkjum.

Hagstæðar aðstæður eru til þess að koma fyrir leiðigarði undir Búðargili og garðurinn veitir byggðinni góða vörn miðað við aðra staði þar sem ofanflóðavarnir hafa verið reistar hér á landi. Óvissa um hið endurskodaða hættumat lýtur fyrst og fremst að hættu nedarlega í flóðrásinni norðan garðsins þar sem skilgreint er hættusvæði C út fyrir ströndina og við jaðra rásarinnar að sunnan og norðan. Á þessu svæði hafa allar eignir verið keyptar upp í tengslum við byggingu varnargarðsins.

7 Heimildir

- Eiríkur Gíslason og Jón Kristinn Helgason (2014). *Ofanflóðahættumat fyrir landfyllingu við Banahlein*. Veðurstofa Íslands, minnisbl. dags. málsnúmer 2013-221.
- Eiríkur Gíslason, Jón Kristinn Helgason og Sveinn Brynjólfsson (2016). *Ofanflóðahættumat fyrir iðnaðarsvæði á Bíldudal DRÖG með tillögu að hættumatskorti*. Veðurstofa Íslands, minnisbl. málsnúmer 2014-147.
- Glade, Thomas, og Esther H. Jensen (2003). *Landslide hazard assessments for Bolungarvík and Vesturbyggð, NW-Iceland*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 03027.
- Hafliði Helgi Jónsson og Helgi Björnsson (1983). *Skýrsla um ferð til Patreksfjarðar og Bíldudals vegna snjóflóðanna 22. janúar 1983*. Reykjavík, Almannavarnir ríkisins.
- Halldór G. Pétursson (2000). *Skriðuannálar Patreksfjarðar, Bolungarvíkur og Bíldudals*. Náttúrufræðistofnun Íslands, skýrsla NÍ-00011.
- Harpa Grímsdóttir (1997). *Byggingarár húsa á Bíldudal*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 97016.
- Hestnes, Erik (1985). *Skredefare i arealbruksammenheng. Studietur i Island 30.07–05.08.1984*. Osló, NGI, skýrsla 58030-3.
- Kristján Ágústsson, Tómas Jóhannesson, Siegfried Sauermoser, Hörður Þór Sigurðsson, Esther Hlíðar Jensen (2003). *Hazard zoning for Bíldudalur*. Veðurstofa Íslands, greinargerð 03034.
- Kristján Jónasson, Sven Þ. Sigurðsson og Þorsteinn Arnalds (1999). *Estimation of Avalanche Risk*. Veðurstofa Íslands, rit 99001.
- Kristján Jónasson og Trausti Jónsson (1997). *Fimmtíu ára snjóþýpt á Íslandi*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 97025.
- Landmótun og Vesturbyggð (2008). *Breyting á aðalskipulagi Vesturbyggðar 2006–2018 vegna snjóflóðavarna á Bíldudal. Umhverfisskýrsla*. Landmótun, skýrsla dags. 25. janúar 2008.
- Lied, K. og S. Bakkehøi (1980). Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographical parameters. *J. Glaciol.*, **26**(94), 165–177.
- Ólafur Jónsson (1992). *Skriðuföll og snjóflóð, I*. Reykjavík, Bókaútgáfan Skjaldborg.
- Ólafur Jónsson og Halldór G. Pétursson (1992). *Skriðuföll og snjóflóð. II. Skriðuannáll*. Reykjavík, Bókaútgáfan Skjaldborg.
- Ólafur Jónsson, Sigurjón Rist og Jóhannes Sigvaldason (1992). *Skriðuföll og snjóflóð. III. Snjóflóðaannáll*. Reykjavík, Bókaútgáfan Skjaldborg.
- Perla, R., T. T. Cheng og D. M. McClung (1980). A two-parameter model of snow-avalanche motion. *J. Glaciol.*, **26**(94), 197–207.
- Sólrún Geirsdóttir (2000). *Byggingarár húsa á Bíldudal*. Náttúrustofa Vestfjarða, skýrsla NV nr. 6-00.
- Stuðull, Verkfræði- og jarðfræðipjónusta (1990). *Bíldudalur. Skriðuföll og skriðuvarnir*. Reykjavík (skýrsla unnin af Birni Jóhanni Björnssyni).
- Sven Sigurðsson, Kristján Jónasson og Þorsteinn Arnalds (1998). Transferring avalanches between paths. *Í: 25 years of snow avalanche research*. Osló, NGI, Publikation nr. 203, Erik Hestnes, ritstj., s. 259–263.
- Tómas Jóhannesson og Trausti Jónsson (1996). *Weather in Vestfirðir before and during several avalanche cycles in the period 1949 to 1995*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 96015.
- Tómas Jóhannesson, Karstein Lied, Stefan Margreth og 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 og 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, Peter Gauer, Dieter Issler og Karstein Lied (ritstj.) (2009). *The design of avalanche protection dams. Recent practical and theoretical developments*. European Communities, Brussel.
- Tómas Jóhannesson (2010). *Sala á húseignum á hættusvæði norðan nýbyggðs varnargarðs á Bíldudal*. Veðurstofa Íslands, minnisblað TóJ/2010-03, dags. 3.9.2010.
- Tracy, Leah, og Tómas Jóhannesson (2003). *Results of the 2D avalanche model SAMOS for Bíldudalur and Patreksfjörður*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 03012.
- 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*).
- Verkís (2014). *Snjóflóðavarnir í Vesturbyggð. Stekkjargil/Gilsbakkagil og Milligil á Bíldudal. Frumathugun*. Reykjavík, Verkís, skýrsla 0060 (skýrsla unnin af Hrafnkatli Má Stefánssyni, Kristínu Mörthu Hákonardóttur, Pálma Ragnari Pálmasyni og Snorra Gíslássyni).
- VÍ (1997, endurútg. 2007). *Greinargerð um snjóflóðaaðstæður vegna rýmingarkorts fyrir Bíldudal*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 97010/07015.
- VÍ (2003). *Ofanflóð á Bíldudal*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 03001.
- VST (2005). *Snjóflóðavarnir í Vesturbyggð. Búðargil á Bíldudal. Frumathugun*. Reykjavík, Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen, skýrsla 2003.1004/SK-01 (skýrsla unnin af Flosa Sigurðssyni, Gunnari Guðna Tómassyni, Hallgrími Daða Indriðasyni og Kristínu Mörthu Hákonardóttur).
- Þorsteinn Sæmundsson (1997). *Krapaflóðin á Bíldudal 28. janúar 1997*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 97028.
- Þorsteinn Sæmundsson og Sigurður Kiernan (1998). *Krapaflóð úr Gilsbakkagili á Bíldudal, þann 14. mars 1998*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 98021.
- Þorsteinn Sæmundsson, Tómas Jóhannesson og Jón Gunnar Egilsson (1999). *Saga ofanflóða á Bíldudal 1902 til 1999*. Veðurstofa Íslands, greinarg. 99006.

Viðaukar

I Tæknileg hugtök og skilgreiningar

α -horn: Sjónarhorn frá stöðvunarstað snjóflóðs upp að efri brún upptakasvæðis (sjá mynd 7).

β -horn: Sjónarhorn frá stað í snjóflóðafarvegi þar sem landhalli er 10° upp að efri brún upptakasvæðis (sjá mynd 7).

α/β -líkan: Staðfræðilegt líkan notað til þess að spá fyrir um úthlaupslengd 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 Bakkehoi (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

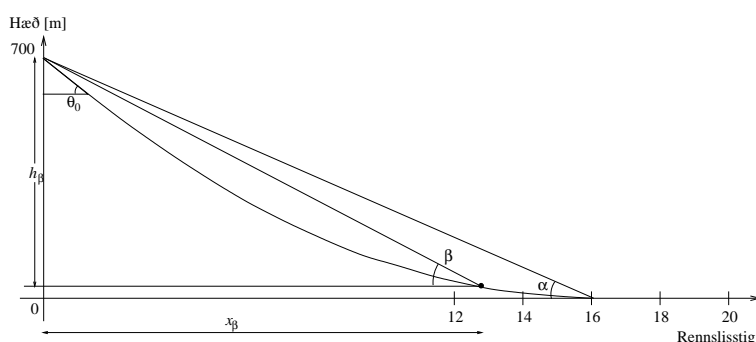
$$\alpha = 0.85 \cdot \beta, \quad \sigma = 2.2^\circ$$

þar sem σ er staðalfrávik úthlaupshornsins. Snjóflóð með úthlaupshorn $n\sigma$ lægra en útreiknað α -gildi er táknað sem snjóflóð með úthlaupslengd $\alpha - n\sigma$ 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 úthlaupslengdin verður meiri þ.a. $\alpha - \sigma$ jafngildir snjóflóði með lengri úthlaupslengd 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: Úthlaupslengd snjóflóðs, mæld í hektómetrum, sem *flutt* (Sven Sigurðsson o.fl., 1998) hefur verið í *staðalbrekku* með ákveðinni aðferð. Rennslisstig í þessari skýrslu eru fengin 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 7. Staðalbrekka. α -hornið er væntigildi úthlaupshorns snjóflóðs samkvæmt α/β -líkani.

II Snjóflóð

Í þessum viðauka er að finna upplýsingar um snjóflóð og skriðuföll úr Búðargili á Bíldudal frá vorinu 2002 þar sem ofanflóðasagan frá árinu 2003 endar. Einungis er um að ræða eina aurskriðu, eitt lítið snjóflóð og eitt krapaflóð. Útlínur snjóflóðsins og krapaflóðsins eru sýndar á korti 2. Upplýsingarnar eru úr ofanflóðagagnasafni Veðurstofu Íslands. Númer fremst í færslum eru einkvæm númer viðkomandi snjóflóðs í ofanflóðagagnasafninu.

Númer: 11952 **Tegund:** Aurskriða

Staðsetning: Búðargil.

Tími: 23.3.2007

Skráning: Útlína: Ónákvæm

Heimildir: www.bildudalur.is. 23.3.2007.

Esther Hlíðar Jensen, munnlegar upplýsingar. Tölvupóstur til HGP.

Tjón: Tjón á vegum og lóðum.

Lýsing: **Upptök:** Orsök: Úrkoma.

Tunga: Þykkt: Meðaltal: 2 m

Veður: Rok og rigning.

Athugasemdir: Í nótt var rok og rigning á Bíldudal. Þegar birti sáu menn að vatns- og aurskriða hafði fallið í nótt úr Búðargili. Flóðið hefur farið niður farveginn fram á við en þar hefur verið stífla og þá hefur flóðið farið niður veginn upp að Spennustöð og eftir honum alveg niður á götu. Hluti flóðsins hefur farið alveg niður að húsinu þeirra Gísla og Láru en vatn hefur runnið báðum megin við húsið. Einnig hefur runnið vatn niður Maríubrekkuna (Brekkestíginn) (bildudalur.is).

Snjó- og aurbönduð skriða féll úr Búðargili um kl. 03–05. Þykkt um 2 m. í skurði, stíflaði skurðinn og flæddi út á miðri leið í átt að húsunum. Skriðan stöðvaðist um 100 m ofan við Lönguhlíð 5, en vatn og aur rann niður fyrir og að götu og gróf sig niður meðfram húsinu. Ekki ósennilegt að skriðan hafi komið í púlsum (Esther Hlíðar Jensen).

Númer: 50536 **Tegund:** Vott flekahlaup

Staðsetning: Búðargil

Tími: 11.3.2012

Skráning: Útlína: Örugg

Skýrslu skráði: Hlynur Aðalsteinsson **Teg. skýrslu:** 10 **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir.

Lýsing: Stærðarfl.: 2.5

Númer: 53459 **Tegund:** Krapaflóð

Staðsetning: Búðargil

Tími: 13.3.2016, kl 16:40

Skráning: Útlína: Mæld

Skýrslu skráði: Auður Elva Kjartansdóttir **Fylgigögn:** Ljósmynd/ir. GPS-mæling.

Tjón: Flóðið fór yfir Lönguhlíð og lenti á Lönguhlíð 22 og olli nokkrum skemmdum á því. Það sjást ummerki um flóðið upp undir þakskegg á húsinu.

Lýsing: Stærðarfl.: 2.5

Upptök: Hæð yfir sjó: 400 m

Orsök: Áköf rigning með leysingu.

Tunga: Hæð yfir sjó: 20 m

Meðalbreidd: 37 m

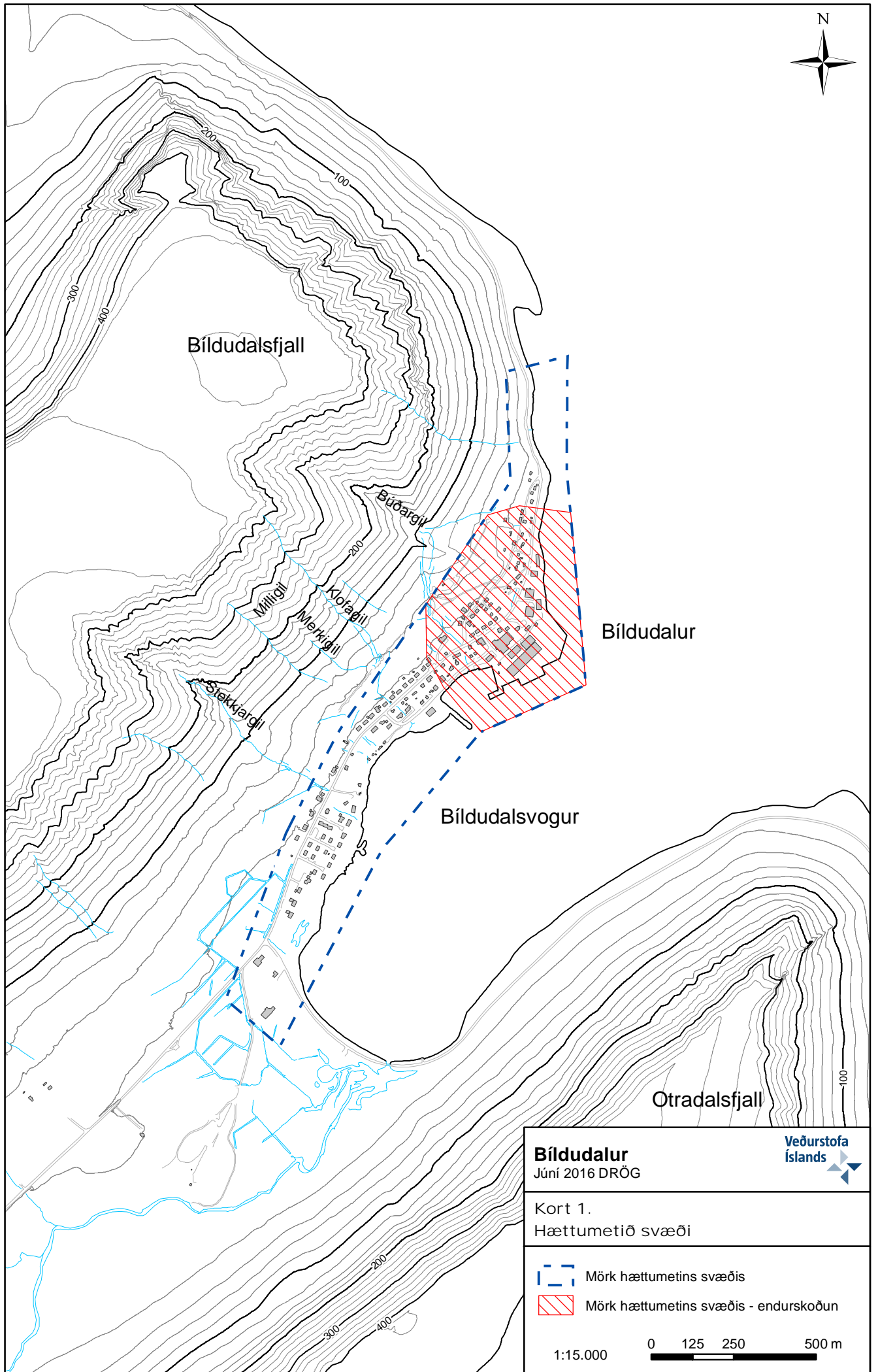
Veður: 40 mm rigning á Bíldudal og 8 stiga hiti. Meðalvindur 20 m/s og 45 m/s í hviðum í hvassri sunnanátt.

Athugasemdir: Krapaflóð úr Búðargili á Bíldudal féll niður yfir Lönguhlíð og lenti á húsinu Höfðabrún, Lönguhlíð 22. Reistur var varnargarður neðan Búðargils árið 2009 og féll flóðið niður eftir rásinni meðfram honum án þess að renna að heita má upp á garðinn. Það er tiltölulega mjótt í farveginum við varnargarðinn alla leið frá gilkjafninum niður að veginum en þar var það um 30 m breitt á götunni. Fleiri minni krapaflóð féllu úr hlíðinni ofan Bíldudals þennan dag en þau stöðvuðust í hlíðinni ofan byggðarinnareins og sést á mynd 3.

III Kort

Kort 1. Yfirlitskort af Bíldudal með mörkum hættumetins svæðis í hættumati Veðurstofunnar frá 2003 (A4, 1:15 000). Svæðið undir Búðargil þar sem hættumatið frá 2003 er endurskoðað nú er afmarkað sérstaklega. Utan þessa svæðis er hættumatið frá 2003 óbreytt.



Kort 2. Hættumat (A3, 1:5 000). Kortið sýnir bæði fyrra hættumat frá 2003 (slitnar línur) og endurskoðaða matið (heildregnar línur). Kortið sýnir einnig útlínur ofanflóða sem fallið hafa á Bíldudal síðan haustið 2002. Kort í ofanflóðasögu Bíldudals (VÍ, 2003) sýna útlínur flóða sem féllu fyrir þann tíma.



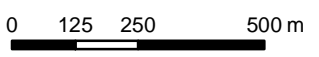
Bíldudalur
Júní 2016 DRÖG



Kort 1.
Hættumetið svæði

-  Mörk hættumetins svæðis
-  Mörk hættumetins svæðis - endurskoðun

1:15.000



0 125 250 500 m

- Staðaráhætta eftir endurskoðun hættumats
- Jafnáhættulína, áhætta: $3,0 \cdot 10^{-4}$
 - Jafnáhættulína, áhætta: $1,0 \cdot 10^{-4}$
 - Jafnáhættulína, áhætta: $0,3 \cdot 10^{-4}$
 - C** Hættusvæði C: áhætta $> 3,0 \cdot 10^{-4}$
 - B** Hættusvæði B: $1,0 \cdot 10^{-4} < \text{áhætta} \leq 3,0 \cdot 10^{-4}$
 - A** Hættusvæði A: $0,3 \cdot 10^{-4} < \text{áhætta} \leq 1,0 \cdot 10^{-4}$

- Staðaráhætta samkvæmt eldra hættumati
- - - Jafnáhættulína, áhætta: $3,0 \cdot 10^{-4}$
 - - - Jafnáhættulína, áhætta: $1,0 \cdot 10^{-4}$
 - - - Jafnáhættulína, áhætta: $0,3 \cdot 10^{-4}$

- Mörk hættumetins svæðis
- ▨ Framkvæmdasvæði varnarmannvirkja

Útlínur snjóflóða eftir 2003

- Útlínur snjóflóða mældar
- Útlínur snjóflóða öruggar
- - - Útlínur snjóflóða óvissar

1:7.500 0 50 100 200 300 m

Bíldudalsfjall

Bíldudalur

Bíldudalsvogur

