

# Mat á hættu vegna ofanflóða á Siglufirði

Greinargerð með hættumatskort



Hættumatsnefnd Siglufjarðarkaupstaðar

Janúar 2002



## Inngangur

Með bréfi dags. 27. febrúar 2001 skipaði umhverfisráðuneytið Gunnar Guðna Tómasson (formann), Guðmund Guðlaugsson, Sigurð Hlöðvesson og Snjólf Ólafsson í hættumatsnefnd Siglufjarðarkaupstaðar. Var nefndin skipuð í samræmi við 3. gr. reglugerðar 505/2000 um hættumat vegna ofanflóða, flokkun og nýtingu hættusvæða og gerð bráðabirgðahættumats.

Hættumat er unnið af Veðurstofu Íslands í samræmi við 6. grein reglugerðarinnar. Hættumatsnefnd stýrir gerð hættumats, ákveður, í samráði við sveitarstjórn, til hvaða svæða hættumat skuli ná, tekur við og metur athugasemdir frá aðilum sem málið snertir, kynnir tillögur að hættumati þegar þær berast frá Veðurstofu Íslands og gengur frá tillögum að hættumati í hendur ráðherra til staðfestingar. Hættumat skal sett fram á korti, þar sem hættusvæði eru afmörkuð og með kortinu fylgir greinargerð.

Nefndin fékk til umfjöllunar niðurstöður Veðurstofu Íslands sem unnið hefur að hættumati fyrir Siglufjörð frá 1998. Nefndin fjallaði um niðurstöðurnar og samþykkti þær sem tillögu sína að hættumati fyrir Siglufjarðarkaupstað. Hættumatið var auglýst og kynnt með opnu húsi og á almennum fundi á Siglufirði þann 4. desember 2001 og lá síðan frammi til kynningar á skrifstofu Siglufjarðarkaupstaðar til 8. janúar 2002, jafnframt því að vera aðgengilegt á heimasíðu sveitarfélagsins. Engar athugasemdir bárust á kynningartímanum.

Nefndin hélt 5 bókaða fundi vegna hættumats fyrir Siglufjörð:

- 26. mars 2001. Fulltrúi Veðurstofu Íslands gerði grein fyrir stöðu vinnu við hættumat fyrir Siglufjarðarkaupstað og lagði fram fyrstu drög að hættumatskortu. Rætt um framhald vinnu við hættumat og gerð verkáætlun.
- 15. júní 2001. Farið yfir niðurstöður tvívíðra líkanareikninga með austurríku snjóflóðalíkani og áhrif þeirra á jafnáhættulínur. Rætt um skýrslu Veðurstofu Íslands um hættumatið og greinargerð hættumatsnefndar.
- 31. október 2001. Lögð fram endurskoðuð drög að hættumatskortu og breytingar frá fyrri drögum ræddar. Rætt um undirbúning að kynningu hættumats.
- 14. nóvember 2001. Endanlegar tillögur Veðurstofu Íslands að hættulínunum lagðar fram og ræddar. Fjallað um kynningu hættumats og haldinn kynningarfundur með bæjarstjórn ásamt tækni- og umhverfisnefnd Siglufjarðarkaupstaðar.
- 4. desember 2001. Samþykkt að leggja fyrirleggjandi niðurstöður Veðurstofu Íslands að hættumati fram sem tillögur nefndarinnar.

Auk þess hittust nefndin eða hluti hennar og sérfræðingar Veðurstofu Íslands óformlega nokkrum sinnum.

Niðurstöðum Veðurstofunnar er lýst í sérstakri skýrslu (Þorsteinn Arnalds o.fl. 2001). Hér á eftir er ágríp af þeim niðurstöðum og er heimilda sjaldnast getið, en þeim sem vilja kynna sér málið nánar er bent á skýrslu Veðurstofunnar, auk lista yfir ítarefni aftast í þessari skýrslu.

## Forsendur hættumats

Í lögum 49/1997 um varnir gegn snjóflóðum og skriðuföllum er mælt fyrir um að „meta skuli hættu á ofanflóðum í þeim sveitarfélögum þar sem ofanflóð hafa fallið á byggð eða nærri henni eða hætta er talin á slíku.“ Í reglugerð 505/2000 er nánar fjallað um matið, hvernig að því skuli staðið og á hverju það skuli byggja. Í reglugerðinni kemur fram að í hættumatinu felist mat á *áhættu*. Miðað er við svokallaða *staðaráhættu*, sem er skilgreind sem árlegar dánarlíkur einstaklings af völdum ofanflóða ef dvalið er öllum stundum í óstyrktu einbýlishúsi. Á grundvelli metinnar áhættu skal afmarka þrenns konar hættusvæði:

- Hættusvæði A er þar sem staðaráhætta er á bilinu 0,3 til 1 af 10.000 á ári.
- Hættusvæði B er þar sem staðaráhætta er á bilinu 1 til 3 af 10.000 á ári.
- Hættusvæði C er þar sem staðaráhætta er meiri en 3 af 10.000 á ári.

Um hvert svæði fyrir sig gilda síðan mismunandi nýtingarreglur, en þær helstu eru sýndar í eftirfarandi töflu.

Svæði	Neðri mörk staðaráhættu	Efri mörk staðaráhættu	Leyfilegar byggingar
<b>C</b>	$3 \cdot 10^{-4}$	–	Engar nýbyggingar nema frístundahús* og húsnæði þar sem viðvera er lítil.
<b>B</b>	$1 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	Atvinnuhúsnæði má byggja án styrkinga. Byggja má íbúðarhús og byggja við hús þar sem búist er við miklum mannsafnaði (s.s. fjölbýlishús, sjúkrahús, skóla o.þ.h.) með styrkingum.
<b>A</b>	$0,3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	Hús þar sem búist er við miklum mannsafnaði (s.s. fjölbýlishús, skóla, sjúkrahús o.s.frv.) og stærri íbúðarhús (fleiri en 4 íbúðir) þarf að styrkja.

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

Til grundvallar hættumati skulu liggja ýmis gögn, svo sem grunnkort, upplýsingar um ofanflóð á viðkomandi svæði, könnun á veðurfari, könnun á byggðasögu og vettvangskönnun. Á grundvelli þeirra gagna skal reikna áhættu. Sé ekki hægt að reikna

áhættu vegna ónógra upplýsinga, á að gera hættumatskort þar sem reynt er að leggja mat á áhættu.

Neðri áhættumörkin, sem afmarka hættusvæði A, nefnast *ásattanleg áhætta* og eru 0,3 af 10.000 á ári, eins og að framan greinir. Þau eru valin þannig að heildaráhætta fólks, sem býr við hana, aukist óverulega frá því sem hún væri ef ofanflóðahætta væri engin. Dæmi má taka af barni á aldrinum 1–15 ára. Gera má ráð fyrir að það dvelji um  $\frac{3}{4}$  hluta sólarhringsins á heimili sínu þegar vont er veður og mestar líkur á ofanflóðum. Sé staðaráhætta 0,3 af 10.000 á ári svarar það til raunverulegrar áhættu sem er um 0,2 af 10.000 á ári. Til samanburðar eru heildardánarlíkur um 2 af 10.000, þar af vegna slysa um 1 af 10.000. Ofanflóðaáhættan eykur því heildaráhættu barna um 10–20%, eftir því hvort miðað er við heildardánarlíkur eða líkur á dauðsföllum af völdum slysa eingöngu.

Afmörkun hættusvæða á grundvelli áhættu gerir það kleift að bera áhættu vegna snjóflóða saman við áhættu vegna annarrar ógnar sem að mönnum stöðjar. Til samanburðar má til dæmis geta þess að fjöldi banaslysa í umferðinni svarar til þess að meðaláhætta vegfarenda sé um 1 af 10.000 á ári.

## Hættumetið svæði

Þéttbýlið í Siglufjarðarkaupstað stendur á og við Þormóðseyri við vesturströnd Siglufjarðar. Siglufjörður er nyrst á Tröllaskaga, en austan Siglufjarðar er eyðifjörðurinn Héðinsfjörður.

Siglufjörður stefnir því sem næst frá norðri til suðurs. Ofan þéttbýlisins rísa Hafnarfjall og Gróuskarðshnjúkur í um 500–700 metra hæð yfir sjó. Yfir innsta hluta þéttbýlisins er Hafnarfjall skorið af Jörundarskál ásamt Syðra- og Ytra-Strengsgili. Norðan Strengsgilja eru Fífladalir, stallur í um 300–400 metra hæð yfir sjó. Fífladalir skipta hlíð Hafnarfjalls á kafla í tvennt. Neðan innsta hluta Fífladala eru þrjú gil nefnd Skriðulækjargil og skammt norðan þeirra er Fífladalagil. Ofan Fífladala er gil sem nefnt hefur verið „Grindagil“ vegna upptakastoðvirkja sem þar voru reist í tilraunaskyni. Norðan Fífladala er Hafnarhyrna. Í um 200 metra hæð yfir sjó í Hafnarhyrnu eru Gimbraklettur. Milli Hafnarhyrnu og Gróuskarðshnjúks er mikil hvilft sem nefndist Hvanneyrarskál í um 200–350 metra hæð yfir sjó. Norðan Gróuskarðshnjúks og við útjaðar þéttbýlisins er stórt ónefnt gil.

Lögbýlin Höfn og Hvanneyri voru sitt hvorum megin Þormóðseyrar. Þau byggðust líklega fyrir árið 1000. Neðri-Höfn, afbýli frá Höfn, var reist við sjóinn innan við eyrina árið 1864. Fyrstu verslunarhúsin á Þormóðseyri risu um 1790. Í kringum verslanirnar byggðist þorpið upp úr 1880. Það hefur fljótlega teygst sig upp í hlíðina ofan við eyrina og með ströndinni sunnan hennar. Síldarævintýrið hófst af fullum krafti árið 1903 og á fyrstu áratugum tuttugustu aldar var mikil uppbygging og fólksfjölgun á Siglufirði. Síldarverksmiðjur og plön voru hvar sem unnt var að koma þeim fyrir meðfram strandlengjunni. Um miðja 20. öld fór byggðin að teygja sig meira til norðurs og suðurs og herra upp í hlíðarnar. Þá voru t.d. fyrstu húsin undir Strengsgiljum reist. Á sjöunda, áttunda og níunda áratugi tuttugustu aldar teygðist enn frekar úr byggðinni. Mörg hús voru byggð á svæðinu undir Strengsgiljum og einnig voru flest húsanna við Hólaveg og Fossveg undir Gróuskarðshnjúki reist á þeim tíma.

Hætta var metin á öllu svæðinu frá Jörundarskál í suðri út fyrir Gróuskarðshnjúk í norðri og eru mörk svæðisins sýnd á korti 1 ásamt helstu örnefnum.

## Snjóflóðasagan

Á korti 2 er sýnt yfirlit yfir skráð snjóflóð á Siglufirði. Ekki hafa verið dregnar á kort útínur allra flóða sem skráð eru. Þau flóð sem ekki eru á kortinu eru öll minniháttar flóð sem ekki hafa áhrif á hættumatið.

Enginn hefur farist í snjóflóðum þar sem þéttbýlið á Siglufirði stendur nú. Nokkrum sinnum hefur þó hurð skolið nærri hælum og umtalsvert tjón hefur orðið á húsum og öðrum mannvirkjum. Virkustu snjóflóðafarvegirnir eru Ytra-Strengsgil og Jörundarskál, sem eru ofan syðsta hlutar byggðarinnar. Sagnir eru um að á tuttugustu öld hafi flóð úr þeim þrisvar eða fjórum sinnum náð ströndinni neðan þeirra.

Árið 1938 féllu nokkur flóð að efstu húsum. Eitt þeirra átti upptök í Hafnarhyrnu og skemmdi Seljaland, en fólk sem þar dvaldi slapp. Annað snjóflóð lenti á hæsnakofa á svipuðum slóðum. Þriðja flóðið féll neðan Fífladala og hlóð snjó að efstu húsum í Skriðhverfi.

Árið 1963 féll snjóflóð úr syðri hluta Gróuskarðshnjúks. Flóðið lenti á hæsnakofa og skemmdi tvö íbúðarhús við Fossveg.

Í febrúar 1968 lenti flóð úr Ytra-Strengsgili á húsinu við Suðurgötu 76 og skemmdi það talsvert, bæði að utan og innan.

Árið 1971 rann flóð sem átti upptök neðan Fífladala í gegnum húsið að Hlíðarvegi 1b. Fólk í húsinu náði að losa sig sjálft og varð aðeins fyrir minniháttar meiðslum. Á sama tíma féll flóð (hugsanlega tunga úr sama flóði) á kirkjugarðinn og braut efstu legsteinaröðina. Þriðja flóðið (einnig hugsanlega sama flóðið) lenti á fjárhúsum sunnan kirkjugarðsins. Mörg fjárhús eyðilögðust og 75 kindur drápust. Einnig féll flóð úr gilinu í norðurhluta Gróuskarðshnjúks á sumarhús og fjárhús og drap 12 kindur.

Í desember 1973 féll stórt snjóflóð úr Jörundarskál og skemmdi húsið Leikskála og hæsnakofa og drápust 250 hænur. Flóðið féll að nóttu þannig að enginn var í Leikskálum.

Í desember 1974 lenti flóð úr Ytra-Strengsgili á húsunum við Suðurgötu 76 og 78. Eftir þetta var ekki dvalið í húsunum að vetrarlagi og húsin nefnd *snjóflóðahúsin*.

Annars staðar í firðinum hafa orðið stór slys. Árið 1919 féll flóð úr Skollaskál austan við fjörðinn. Flóðið eyðilagði síldarverksmiðju og fjögur íbúðarhús. Níu manns fórust. Snjóflóðið olli flóðbylgju í firðinum sem skemmdi báta og byggingar við höfnina á Þormóðseyri. Svipaður atburður varð 1839 þegar flóðbylgja sem snjóflóð kom af stað skall á eyrinni.

Snjóflóð voru ekki skráð með kerfisbundnum hætti á Siglufirði fyrir 1981. Því má búast við að mörg snjóflóð vanti í skráninguna fyrir 1981 og að einungis snjóflóð sem öllu tjóni

séu skráð. Árið 1981 var ráðinn snjóathugunarmaður á Siglufirði og hefur Örlygur Kristfinnsson gegnt því starfi síðan. Fram til ársins 1995 var starfið á vegum Siglufjarðarkaupstaðar og Veðurstofu Íslands, en síðan á vegum Veðurstofu Íslands. Snjóathugunarmaðurinn sér meðal annars um að skrá snjóflóð. Vegna þessa má gera ráð fyrir að nær öll snjóflóð, sem fallið hafa nærri byggðinni eftir 1981, séu skráð og mæld ef unnt var.

## Snjóflóðaaðstæður

### Landfræðilegar snjóflóðaaðstæður

Skriðlengd snjóflóða ræðst af tvennu. Annars vegar af stærð og gerð flóðsins, þ.e. hversu mikill snjór fer af stað og eðliseiginleikum snævarins og samspili hans við undirlag og loft. Hins vegar ræður landslag miklu, bæði landhalli og einnig lögun farvegarins þvert á stefnu flóðsins. Við vissar aðstæður, t.d. þegar flóð kemur út úr þrengingu út á slétta eða kúpta hlíð, breiðir flóðið úr sér og missir við það kraft. Einnig geta snöggar hallabreytingar, t.d. vegna stalla í fjallshlíðinni, dregið úr skriðþunga og skriðlengd flóða. Landslag hefur einnig nokkur áhrif á fyrri þáttinn, þar sem lögun upptakasvæða, stærð þeirra og lega m.t.t. snjósöfnunar, skiptir miklu um hversu stór snjóflóð geta orðið.

Möguleg upptakasvæði snjóflóða á Siglufirði voru könnuð, stærð þeirra metin og einnig metið hversu mikill snjór safnast getur í þau og hversu líkleg snjósöfnun er. Kort 3 sýnir þessi svæði. Til þess að meta hversu langt snjóflóð geta náð voru notaðar upplýsingar um flóð á Siglufirði og víðar á Íslandi. Notuð voru bæði svokölluð *staðfræðilikön* og *eðlisfræðilikön* til að bera saman skriðlengd flóða í mismunandi farvegum. Kort 3 sýnir niðurstöður reikninga með þessum líkönum.

Reynslan sýnir að stór þurr snjóflóð fara ekki að hægja á sér að ráði fyrr en landhalli er orðinn minni en um  $10^\circ$ . Svokallað  $\alpha/\beta$ -líkan nýtir sjónarhorn frá þeim stað þar sem landhalli verður minni en  $10^\circ$  til að spá fyrir um úthlaupshorn (sjónarhorn frá tungu í upptök) snjóflóða. Þessi puntur er nefndur  $\beta$ -punktur. Með nokkurri einföldun má segja að í gagnasafni sem byggir á lengstu snjóflóðum í nokkrum íslenskum snjóflóðafarvegum nái flóð að jafnaði sjónarhorni sem nefnt er  $\alpha$ . Punktur sem svarar til þessa sjónarhorns er kallaður  $\alpha$ -punktur og á korti 3 er hann sýndur fyrir alla meginsnjóflóðafarvegina á Siglufirði. Út frá dreifingu flóða í gagnasafninu er metið *staðalfrávik* ( $\sigma$ ) úthlaupshornsins. Snjóflóð, sem hafa einu eða tveimur staðalfrávikum hærra úthlaupshorn en  $\alpha$ , eru sögð hafa úthlaupshorn  $\alpha + \sigma$  og  $\alpha + 2\sigma$  og þau sem lægra úthlaupshorn hafa  $\alpha - \sigma$  og  $\alpha - 2\sigma$ .

Markmiðið með beitingu  $\alpha/\beta$ -líkansins er að geta „fært“ snjóflóð á milli farvega. Þannig ættu tvö sambærileg snjóflóð í tveimur farvegum að fara jafn langt í báðum farvegnum, þannig að t.d. flóð sem nær úthlaupshorni  $\alpha$  í einum farvegi ætti einnig að ná úthlaupshorni  $\alpha$  hefði það fallið í öðrum farvegi með sömu stærð upptakasvæðis, þykkt brottleka og aðrar aðstæður. Af korti 3 má því sjá að það þarf nokkuð lengri snjóflóð til að ná byggðinni í innsta hluta bæjarins en utar.

Að sama brunni ber notkun *rennslisstiga* sem byggja á eðlisfræðilíkani. Sambærileg flóð (jafnstór flóð með sömu eðliseiginleika) í tveimur farvegum eiga að ná sama rennslisstigi. Kort 3 sýnir rennslisstig í öllum megin snjóflóðafarvegum á Siglufirði. Sjá má að flóð úr Jörundarskál og Strengsgiljum þurfa að hafa rennslisstig um 13,5 til að ná efstu húsum en utar í bænum nær flóð, með rennslisstig vel innan við 11, að efstu húsum.

Þau tvö líkön, sem lýst er hér að framan, taka einungis tillit til langsníðs snjóflóðafarvegarins. Skriðlengd og útbreiðsla snjóflóða var einnig könnuð með tvívíðu austurrísku eðlisfræðilíkani, sem tekur alla lögum fjallshlíðarinnar með í reikninginn. Þannig er farvegurinn ekki skilgreindur nákvæmlega fyrir fram, heldur reiknaður út frá lögum eðlisfræðinnar. Skriðlengd flóða samkvæmt þessu líkani ræðst auk þess af snjódýpt í upptökum og flatarmáli upptakanna. Notuð voru tvö gildi á snjódýpt og hafa sömu gildin verið notuð við sambærilega reikninga annars staðar á landinu. Niðurstöður tvívíðra líkanreikninga sýna hvaða stefnu snjóflóð af helstu upptaksvæðum hafa tilhneigingu til að fylgja og gefa þannig vísbendingar um líklegustu úthlaupssvæði snjóflóða sem ógnað geta byggðinni, breidd snjóflóðatungna og legu hættulegustu svæða byggðarinnar.

## **Veðurfar**

Veðurfar á Siglufirði er talsvert frábrugðið því sem víðast er á Íslandi, einkum sökum hárra fjalla og nálægðar við opið haf móti norðri. Á Siglufirði er lygnara en víða á norðanverðum Tröllaskaga og meiri munur á hita vetrar og sumars. Að vetrarlagi verður kalt í skjóli fjalla þegar stillt er, en einnig verður hlýtt á köflum alla mánuði ársins í hlýjum og þurrum sunnan hnjúkaþey. Algengustu áttir laga sig að landslagi og eru því úr suðvestri og norðnorðaustri. Norðaustanáttin vegur þyngra á vetrum og er hún einnig sú hvassasta. Úrkoma mælist mikil í kaupstaðnum, mun meiri en á næstu stöðvum. Úrkoman fellur nær eingöngu í norðaustlægum áttum yfir vetrarmánuðina og þá sem slydda eða snjór. Sólarhringsúrkoma hefur mælst rúmir 190 mm og ársúrkoman er um 1300–1500 mm. Snjóþyngsli eru með því mesta sem gerist í byggð á landinu og er jörð talin alhvít að jafnaði mánuðina nóvember til apríl. Reiknuð 50 ára snjódýpt er meiri en 200 cm á Siglufirði.

Í verstu veðrum á veturna er hvöss norðaustanátt. Snjóflóð eru algengust í kjölfar norðaustan hriða. Dagar þar sem vindur er meiri en 15 m/s og uppsöfnuð úrkoma yfir 30 mm eru algengari í aðdraganda snjóflóðadaga en gengur og gerist að vetrarlagi. Snjóflóð sem falla í suðvestan átt falla yfirleitt þegar vindur er minni. Samband milli skriðlengdar snjóflóða og vindstyrks og uppsafnaðrar úrkomu er ekki einfalt. Ef uppsöfnuð úrkoma er minni en um 55 mm falla lengri flóðin þegar vindur eða úrkoma er mikil. Flóð sem falla í kjölfar mestrar uppsafnaðrar úrkomu hafa hinsvegar ekki lengstu skriðlengd.



## Hættumat

Afmörkun hættusvæða má sjá á korti 4.

Áhætta á svæðinu var metin með aðferðum, sem þróaðar voru við Háskóla Íslands og á Veðurstofu Íslands á árunum 1995–1999. Einnig var höfð hliðsjón af niðurstöðum útreikninga með tvívíðu austurrísku eðlisfræðilíkani, sem áður var nefnt. Þar sem formlegir áhættureikningar eru ekki mögulegir var höfð hliðsjón af sambærilegum stöðum annars staðar á landinu.

Matinu var skipt í átta hluta eftir meginfarvegum. Þeir eru Jörundarskál, Strengsgil, syðri hluti Fífladala/Skriðulækjargil, nyrðri hluti Fífladala, Hafnarhyrna/Gimbraklettur, neðan Hvanneyrarskálur, syðri hluti Gróuskarðshnjúks og nyrðri hluti Gróuskarðshnjúks.

Neðan Jörundarskálur og Strengsgilja er tíðni flóða, sem ná rennslisstigi 13 eða meira, metin út frá snjóflóðasögunni 7,5 flóð á öld. Áhætta fyrir byggingu varnarvirkja er reiknuð miðað við þá tíðni, en einnig höfð hliðsjón af útbreiðslu og skriðlengd flóða í tvívíðum reikningum við afmörkun hættusvæðanna. Mörk hættusvæða fyrir byggingu varnarvirkja eru sýnd með brotnum línunum á korti 4.

Ofan og neðan syðsta hluta Fífladala eru upptakasvæði, sem sent geta frá sér meðalstór snjóflóð. Litlar heimildir eru um snjóflóð á svæðinu. Talið er að staðaráhætta í efstu húsum sé meiri en  $3 \cdot 10^{-4}$  á ári og nokkur hús eru því á hættusvæði C.

Á svæðinu ofan norðurhluta Fífladala gætu mjög stór snjóflóð átt upptök. Stór flóð frá þessu svæði gætu runnið langt út á Þormóðseyri. Tíðni slíkra atburða er erfitt að meta en ótvírætt er að snjór safnast á svæðið. Hins vegar gefur saga byggðarinnar til kynna að tíðni stórra flóða sé lítil. Áhætta á svæðinu er metin miðað við að tíðni flóða að efstu húsum sé á stærðarþrepi eitt flóð á öld. Hættusvæði eru afmörkuð með tilliti til þeirra áhættureikninga og mið tekið af útbreiðslu flóða samkvæmt tvívíðum líkanreikningum.

Nokkur snjóflóð hafa fallið niður undir og á efstu hús undir Gimbraklettum. Lögun upptakasvæðisins veldur því hins vegar að einungis tiltölulega lítilla flóða er að vænta. Mörk hættusvæðis C eru ákvörðuð um það bil við rennslisstig 12.

Neðan Hvanneyrarskálur er ekki bráð snjóflóðhætta þó að byggð sé þar komin fullnærri hlíðinni. Með hliðsjón af þessu eru mörk hættusvæðis C dregin rétt ofan efstu húsa, en hættusvæði A og B ná nokkuð niður í byggðina.

Neðan syðri hluta Gróuskarðshnjúks hefur flóð fallið á hús. Snjóflóð niður í byggð eru ekki talin tíð og ekki er búist við að stór flóð falli á svæðinu. Með hliðsjón af þessu eru mörk hættusvæðis C dregin nokkuð neðan stærsta skráðs snjóflóðs.

Í nyrðri hluta Gróuskarðshnjúks er mögulegt upptakasvæði. Svæðið er klettótt og bratt og því er ekki búist við stórum flóðum. Nokkur smærri flóð eru skráð á svæðinu. Mörk hættusvæðis C eru ákvörðuð um það bil við rennslisstig 11. Utan svæðisins er hættan meiri vegna gils í fjallinu. Áhrifasvæði gilsins var m.a. metið með hliðsjón af tvívíðum reikningum.

Kort 5 sýnir metinn endurkomutíma undir Jörundarskál, Strengsgiljum og Nyrðri-Fífladölum, þ.e. hvar árlegar líkur á snjóflóðum eru taldar 1/100, 1/300, 1/1000 og 1/3000. Annars staðar voru gögn talin ófullnægjandi til að unnt væri að meta endurkomutímann. Á þeim svæðum má ætla að á línu, þar sem áhætta er metin  $3 \cdot 10^{-4}$  á ári, sé tíðni snjóflóða á bilinu 1/1000–1/100 á ári, á jafnáhættulínu  $1 \cdot 10^{-4}$  sé tíðnin 1/3000–1/300 á ári og á jafnáhættulínu  $0,3 \cdot 10^{-4}$  sé tíðnin 1/10000–1/1000 á ári.

Víða á Siglufirði er aurskriðu- og grjóthrunshætta. Áhætta einstaklinga vegna hennar er hverfandi í samanburði við metna áhættu vegna snjóflóða og því hafa aurskriður og grjóthrun ekki áhrif á hættumatið.

Á Þormóðseyri getur stafað hætta af flóðbylgjum sem snjóflóð hinum megin við fjörðinn koma af stað. Áhætta af völdum slíkra atburða hefur ekki verið metin sérstaklega, en er ekki talin hafa afgerandi áhrif á hættumatið. Þrátt fyrir að aurskriður, grjóthrun og fljóðbylgjur hafi ekki áhrif á hættumatið kann að vera ástæða til þess að taka tillit til þeirra við skipulag og hönnun mannvirkja.

## Varnarvirki

Neðan Jörundarskálar og Strengsgilja voru reistir tveir leiðigarðar á árunum 1998–1999, annar neðan Jörundarskálargils og hinn mun stærri frá kjafti Ytra-Strengsgils og niður með byggðinni neðan gilsins. Talið er að varnarvirkin veiti fullnægjandi vörn gegn snjóflóðum og mat hönnuða er að eftir að þau risu sé áhætta íbúa í húsum neðan þeirra minni en 0,2 af 10.000 á ári (sem samsvarar staðaráhættu 0,3 af 10.000 á ári).

Líkt og um snjóflóðahættumat almennt ríkir umtalsverð óvissa við mat á áhættu undir varnargörðum. Þessi óvissa er enn meiri en við almennt hættumat. Af þessari ástæðu er ekki ráðlegt að auka á þá áhættu sem í óvissunni felst með því að fjölga mjög íbúðum á svæðinu eða auka heildaráhættu með öðrum hætti.

Mörk hættusvæða neðan varnargarðanna eru ekki dregin eins og um hreint áhættumat væri að ræða. Mörk hættusvæða B og C eru dregin rétt ofan efstu húsa sem má túlka þannig að óvarlegt sé, þrátt fyrir varnarvirkin, að teygja byggðina nær fjallinu. Hættusvæði A er látið ná litlu styttra en hættusvæði C náði áður til að endurspegla þá óvissu sem er um virkni varnarvirkja.

Hættumatið eftir byggingu varnarvirkja er sýnt með heildregnum línunum á korti 4. Það miðast við að varnarvirkin séu fullfrágengin og þeim viðhaldið.

## Niðurstöður

Talsverður hluti þéttbýlisins á Siglufirði er á hættusvæði vegna ofanflóða. Þó hefur verið bætt mjög úr með byggingu varnarvirkja neðan Jörundarskálar og Strengsgilja. Hættulegasta svæðið, sem eftir er að verja, er tvímælalaust neðan nyrðri hluta Fífladala og er brýnt að þar verði brugðist við hættunni sem fyrst. Neðan Gimbrakletta og syðri hluta Gróuskarðshnjúks eru svæði þar sem vitað er að snjóflóð hafa fallið á hús, en líkur á aftakaflóðum eru mun minni en t.d. neðan nyrðri hluta Fífladala. Á þessum svæðum þarf

að bregðast við með einhverjum hætti. Neðan syðsta hluta Fífladala og nyrðri hluta Gróuskarðshjúks eru einnig hús á hættusvæði C. Þar er hættan nokkuð óljósari en á þeim svæðum sem talin eru að framan. Þessum svæðum þarf að fylgjast sérstaklega vel með, til að treysta grunninn að næstu endurskoðun hættumatsins.

## Ítarefni

- Halldór Björnsson. 2001. *Veður í aðdraganda snjóflóðabrina á Siglufirði*. VÍ greinargerð 01018.
- Halldór G. Pétursson og Þorsteinn Sæmundsson. *Skerðuföll á Siglufirði*. Náttúrufræðistofnun Íslands, skýrsla NÍ-99011.
- Harpa Grímsdóttir. 1998. *Byggingarár húsa á Siglufirði*. VÍ greinargerð VÍ-G98011-ÚR09.
- Harpa Grímsdóttir og Þorsteinn Sæmundsson. 2001. *Siglufjörður. Annáll snjóflóða til vorsins 2001*. VÍ greinargerð 01016.
- Kristján Jónasson, Sven Þ. Sigurðsson og Þorsteinn Arnalds. *Estimation of Avalanche Risk*. VÍ rit VÍ-R99001-ÚR01.
- Lög 49/1997 um varnir gegn snjóflóðum og skriðuföllum.
- SLF. 2001. *Siglufjörður, Iceland. Avalanche defences. Protection plan for the residential area*. SLF, skýrsla G2001.01.
- Tómas Jóhannesson, Karstein Lied, Stefan Margreth og Frode Sandersen. 1996. *Þörf fyrir snjóflóðavarnarvirki á Íslandi. Yfirlit og mat á kostnaði*. VÍ rit VÍ-R96003-ÚR02.
- Tómas Jóhannesson, Þorsteinn Arnalds og Leah Tracy. 2001. *Results of the 2D avalanche model SAMOS for Siglufjörður*. VÍ greinargerð 01019.
- Umhverfisstofnuneytið 2000. Reglugerð 505/2000 um hættumat vegna ofanflóða, flokkun og nýtingu hættusvæða og gerð bráðabirgðahættumats.
- Veðurstofa Íslands. 1996. *Greinargerð um snjóflóðaaðstæður vegna rýmingarkorts fyrir Siglufjörð*. VÍ greinargerð VÍ-G96009-ÚR09.
- Verkfræðistofa Siglufjarðar og NGI. 1997. *Frumathugun á snjóflóðavörnum*.
- Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauer Moser, Harpa Grímsdóttir og Leah Tracy 2001. *Hazard zoning for Ísafjörður, Siglufjörður and Neskaupstaður – General report*. VÍ greinargerð 01009.
- Þorsteinn Arnalds, Siegfried Sauer Moser, Tómas Jóhannesson og Harpa Grímsdóttir. 2001. *Hazard zoning for Siglufjörður – Technical report*. VÍ greinargerð 01020.
- Þorsteinn Sæmundsson og Halldór G. Pétursson. *Skerðubættá á Siglufirði*. VÍ greinargerð VÍ-G99025-ÚR15.