



ALMANNAVARNIR RÍKISINS  
OFANFLÓÐANEFND

# SNJÓFLÓÐAHÆTTUMAT FYRIR SÚÐAVÍK

GREINARGERÐ  
HÆTTUMATSKORT

Verk nr: 95.212

ágúst 1995



Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf  
Ármúla 4, 108 Reykjavík  
Sími: 569 50 00 - Bréfsími: 569 50 10

<b>1. INNGANGUR</b>	<b>1</b>
<b>2. HEIMILDIR OG GÖGN</b>	<b>1</b>
<b>3. HÆTTUMAT</b>	<b>2</b>
<b>3.1 FRAMKVÆMD, REIKNILÍKÖN</b>	<b>2</b>
3.1.1 Almennt	2
3.1.2 PCM líkanið	3
3.1.3 BLD líkanið	3
3.1.4 THJ líkanið	3
3.1.5 GGT líkanið	4
3.1.6 McClung og Mears líkanið	4
<b>3.2 SNJÓFLÓÐAFERLAR</b>	<b>4</b>
3.2.1 Almennt	4
3.2.2 Súðavíkurhlíð	5
3.2.2.1 Landfræðilegar aðstæður.	5
3.2.2.2 Snjósöfnun	5
3.2.3 Traðargil	6
3.2.3.1 Landfræðilegar aðstæður.	6
3.2.3.2 Snjósöfnun	6
3.2.4 Sauradalur	7
3.2.4.1 Landfræðilegar aðstæður	7
3.2.4.2 Snjósöfnun	8
3.2.5 Hlíðarfjall	8
3.2.5.1 Landfræðilegar aðstæður	8
3.2.5.2 Snjósöfnun	8
<b>3.3 NIÐURSTÖÐUR ÚTREIKNINGA</b>	<b>9</b>
3.3.1 Almennt	9
3.3.2 Súðavíkurhlíð	9
3.3.3 Traðargil	12
3.3.4 Sauradalur	13
3.3.5 Hlíðarfjall	14
<b>4. NIÐURSTÖÐUR - AFMÖRKUN HÆTTUSVÆÐA</b>	<b>15</b>
4.1 SAMANTEKT	15
4.2 HUGLEIÐINGAR UM NIÐURSTÖÐUR, MAT Á ENDURKOMUTÍMA	20
4.3 AFMÖRKUN HÆTTUSVÆÐA	21

## 1. INNGANGUR

Í júní 1995 fólu Almannavarnir ríkisins, (Ar), Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen hf., (VST), að gera nýtt snjóflóðahættumat fyrir Súðavík.

Áætlað var að vinna hættumat fyrir svæði inn að Dvergasteini og vel út fyrir byggðina að norðanverðu. Á þessu stigi var einungis unnið hættumat fyrir svæðið frá Kofra að sunnanverðu og um 1 km út fyrir núverandi byggð að norðanverðu þar sem kortagrunnar á stafrænu formi ná ekki yfir stærra svæði.

Verkið skyldi unnið í samræmi við lög um varnir gegn snjóflóðum og skriðuföllum, nr. 28, 4. júní 1985, sbr. lög nr. 50, 7. mars 1995 og reglugerð um hættumat vegna snjóflóða og nýtingu hættusvæða, nr. 376, 21. júní 1995.

Þetta mat hefur verið unnið að mestu af Flosa Sigurðssyni en Aðalsteinn Pálsson hefur einnig átt mikilsverðan þátt í þessari vinnu og þá sérstaklega varðandi mat á aðstæðum og forsendum til notkunar við útreikninga.

## 2. HEIMILDIR OG GÖGN

Helstu gögn sem liggja til grundvallar við gerð þessa hættumats eru:

1. Athugun á snjóflóðahættu í Súðavík, eftir Hlyn Sigtryggsson og Óskar Knudsen. Veðurstofa Íslands, apríl 1988.
2. Hættumat fyrir Súðavík í Súðavíkurbreppi ásamt tveimur kortum, Snjóflóðadeild, MMM des. 1988.
3. Súðavík, Hættumat vegna snjóflóða ásamt einu korti. Verkfræðist. Siglufjarðar nóv. 1988
4. Snjóflóðahættumat fyrir Súðavík ásamt einu korti, Hnit des. 1988.
5. Reglugerð um hættumat vegna snjóflóða og nýtingu hættusvæða. Félagsmálaráðuneytið 21. júní 1995.

6. Skýrsla um ferð til Óslóar 1-5. apríl 1995 til að afla upplýsinga frá Norðmönnum um hvernig þeir standa að snjóflóðarannsóknum. Kristján Jónasson, Háskóli Íslands í apríl 1995.
7. Skoðun loftmynda af Súðavík í þrívídd með nýjum lotmyndahugbúnaði og tölvum á kynningarfundum hjá Ísgraf dagana 11. og 16. maí 1995.
8. Vettvangsskoðun í Súðavík 24. maí 1995 með David McClung prófessor við Háskólann í Vancouver í Kanada (einn höfunda PCM og McClung/Mears líkananna) og Magnúsi Má Magnússyni.
9. Kortagrunnur af Súðavík ásamt upplýsingum um útmörk þekktra og líklegra snjóflóða í Súðavík, hvorutveggja á stafrænu tölvutæku formi frá Verkfræðistofunni Hnit.
10. Súðavík. Rapport om snøskred og snøskredsfare ved nytt boligområde. Kort með uppl. um þekkt flóð. Hnit, NGI, VÍ maí 1995.
11. Vettvangsskoðun í Súðavík og kynningarfundur á bráðabirgðaniðurstöðum hættumats með hreppsnefnd Súðavíkurhrepps þann 3. ágúst 1995.
12. Snjóflóð og hættuástand 15. janúar til 23. mars 1995. Skráð af Oddi Péturssyni snjóflóðaeftirlitsmanni á Ísafirði.
13. Línurit úr sjálfvirkri veðurathugunarstöð á Þverfjalli dagana 12/01/95 til 20/01/95. Veðurstofa Íslands.

### **3. HÆTTUMAT**

#### **3.1 FRAMKVÆMD, REIKNILÍKÖN**

##### **3.1.1 Almennt**

Í nýju reglugerðinni um hættumat vegna snjóflóða er kveðið á um að nota megi reiknilíkön sem viðurkennd eru af Almannavörnum ríkisins sem skulu hafa samráð við Veðurstofu Íslands varðandi viðurkenningu á þeim.

Við þetta hættumat hafa nokkur reiknilíkön verið notuð. Þau eru eftirfarandi:

### 3.1.2 PCM líkanið

Kanadíska PCM líkanið oft nefnt massamiðjulíkanið. Það er eðlisfræðilegt líkan sem er útvíkkun á líkani Voellmys og byggir á að viðnám gegn hreyfingu flóðs sé í hlutfalli við rennslisviðnám (e. sliding friction) og hreyfiviðnámi (e. dynamic drag). Það reiknar hraða og skriðlengd massamiðju snjóflóðs eftir ferlinum. Höfundarnir, þeir Perla, R., Cheng, T. T. og McClung D., birtu grein í Journal of Glaziology nr. 26 árið 1983 þar sem þeir gerðu grein fyrir jöfnunum í þessu líkani. Margar greinar hafa verið birtar þar sem þetta líkan kemur við sögu og notuðu Norðmennirnir þrír, sem nefndir eru hér á eftir, m.a. þetta líkan til að reikna hraða flóðs fyrir niðurstöður úr BLD líkaninu. VST hefur skrifað forrit fyrir Windows umhverfi sem reiknar út úr þessu líkani. Þetta líkan er hér nefnt PCM líkanið.

### 3.1.3 BLD líkanið

Norska tölfræðilíkanið. Það er byggt á tölfræðilegum upplýsingum um 200 þekkt snjóflóð í Noregi. Þeir Bakkehöi S., Doomaas U, og Lied K, birtu grein í Annals of Glaziology nr. 4 árið 1983 með jöfnum um úthlaupslengd flóða byggðum á áðurnefndum upplýsingum. Líkanið reiknar einungis úthlaupslengd flóða eftir landfræðilegum upplýsingum byggðum á stuðlum sem fengist hafa úr tölfræðigreiningu á þekktum flóðum. Margar greinar hafa verið birtar í alþjóðlegum fræðiritum þar sem þetta líkan kemur við sögu og hafa verið reiknaðir stuðlar eftir þekktum flóðum fyrir önnur fjallasvæði en norsk, m.a. í Bandaríkjunum og Kanada. Engar rannsóknir liggja fyrir um íslensk flóð að svo stöddu en hér hefur verið notast við stuðla sem höfundarnir fengu fyrir norsku flóðin. VST hefur skrifað forrit fyrir Windows umhverfi sem reiknar út úr þessu líkani. Þetta líkan er hér nefnt BLD líkanið. Samhliða þessu hefur einnig verið reiknað eftir líkani sem þeir Lied og Toppe (hér nefnt LT líkanið) settu fram í grein í Annals of Glaziology nr. 13 árið 1989 þar sem  $\beta$  er eina breytistærðin. Stuðullinn  $\beta$  er hornið sem er milli skurðpunkt lárétts flatar tekinn í hlíðinni þar sem halli hennar er  $10^\circ$  og upp í upptökuhæð flóðs. Þessi punktur í landi þar sem landhalli er  $10^\circ$  er oft kallaður betapunktur og er það nafn notað í þessari skýrslu. Ekki er fjallað hér um aðferðafræði þessara norsku líkana né stuðla heldur er vísað í viðkomandi greinar um þau.

### 3.1.4 THJ líkanið

Reiknilíkan þróað af Þorsteini Jóhannessyni. Þetta er það líkan sem eldri reglugerðin kvað á um að notað væri við gerð snjóflóðahættumats. Það er keyrt með forritinu AVALANC sem VST skrifaði árið 1990 með breytingum og viðaukum í samráði við Ofanflóðanefnd. Reiknilíkanið er eðlisfræðilegt líkan sem byggir á jöfnu Voellmys og reynir að tengja saman

varðveislu massa og skriðpunga til að reikna hraða snjóflóða og skriðlengd þeirra. Þetta líkan er hér eftir nefnt THJ líkanið.

### 3.1.5 GGT líkanið

Reiknilíkan þróað af Tómasi Jóhannessyni og Gunnari Guðna Tómassyni. Eðlisfræðilegur grundvöllur líkans Þorsteins Jóhannessonar hefur verið dreginn í efa og hafa Gunnar Guðni Tómasson og Tómas Jóhannesson þróað nýtt eðlisfræðilegt líkan upp úr líkani Þorsteins. Hefur það verið nefnt Íslenska snjóflóðalíkanið. Tómas Jóhannesson var fenginn af Ofanflóðanefnd til að gera fyrstu drög að tillögum að endurbættu líkani. Hann gerði það í greinargerðum sínum “Leiðrétting á jöfnum í snjóflóðalíkani Þorsteins Jóhannessonar”, og “Athugasemdir við handritið “A new model of snow avalanche flow” eftir Þorstein Jóhannesson”. Upp úr því var Verkfræðistofunni Vatnsskil falið að vinna það verk áfram og hefur Gunnar Guðni Tómasson haft það með höndum. Hefur Vatnaskil látið skrifa forrit fyrir Windows umhverfi sem reiknar eftir því líkani. Er þetta líkan hér eftir nefnt GGT líkanið. Niðurstöður hættumats eru ekki byggðar á útreikningum með þessu líkani heldur var hér einungis framkvæmd prófun á nokkrum ferlum með þessu líkani. Að svo stöddu var ákveðið að styðjast ekki við niðurstöður þess þar sem það hefur ekki verið prófað nægjanlega.

### 3.1.6 McClung og Mears líkanið

Til fróðleiks og viðmiðunar var skoðað að reikna alla ferla með tölfræðiaðferð sem þeir David McClung og Arthur Mears settu fram í grein í Cold Regions and Technology nr. 19 árið 1991. Þeirra aðferð byggir á að reikna með að skriðlengd snjóflóða fylgi Gumbels dreifingu. Eina breytistærðin er hornið  $\beta$  sem áður er lýst hér að framan. Hins vegar þarf að gera tölfræðilega greiningu á fjölda þekktra flóða með aðferð Gumbels til finna stuðla til notkunar í jöfnum fyrir hvert fjallasvæði fyrir sig þar sem greinilegur tölfræðilega marktækur munur er á milli fjallasvæða hvað varðar úthlaupslengdir. Það sama gildir reyndar einnig um Norsku tölfræðilíkonin. Nokkrar greinar hafa birst um þetta líkan enda stöðugt verið að gera rannsóknir á hinum ýmsu fjallasvæðum. Við gerð þessa hættumats voru niðurstöður fengnar með útreikningum með þessu líkani aðeins hafðar til viðmiðunar.

## 3.2 SNJÓFLÓÐAFERLAR

### 3.2.1 Almennt

Á meðfylgjandi teikningu nr. 1.02 eru teiknaðir þeir snjóflóðaferlar sem niðurstöður hættumats eru byggðar á.

### 3.2.2 Súðavíkurhlíð

#### 3.2.2.1 Landfræðilegar aðstæður.

Súðarvíkurhlíð nefnist hlíðin ofan við núverandi byggð. Ferlar nr. 6 til 15 eru dregnir upp á þessu svæði.

Ofan við byggðina er land nokkuð flatt. Sem dæmi má nefna að þar sem flóðið féll 16.01.1995 nær landið  $10^\circ$  landhalla um 400 m frá sjó. Þegar komið er í um 150 - 175 m.y.s. eða um 400 m ofan núverandi byggðar, er landhali orðinn um  $30^\circ$  sem er nægjanlegt til að snjóflóð geta farið af stað. Í 250 til 325 m.y.s. er brattinn orðinn um  $40 - 45^\circ$ , þar fyrir ofan minnkar landhali nokkuð og er um  $38 - 39^\circ$ . Efst í hlíðinni, ofan við 400 m.y.s., er bratt klettabelti með litlum gilskorningum. Gilskorningar þessir eru yfirleitt af svipaðri stærð en þó eru einstaka sem mynda nokkra skál efst í hlíðinni og er einmitt ein slík þar sem flóðið 16.01.1995 er talið eiga upptök sín. Ferlar nr. 8, 9 og 10 eru á þessu svæði.

Í hlíðinni utanverðri, norðanvert við byggðina er klettabeltið í um 590 m.y.s. Þar eru dregnir ferlar nr. 11 til 15.

Þegar innar dregur og sunnar, eru klettabeltin orðin tvö, það efra er í um 590 m.y.s. en það neðra í um 560 m.y.s. Þegar komið er í um 595 m.y.s. hallar landinu lítið upp á topp fjallsins og skoðast sú hæð sem efstu mörk á upptakasvæði snjóflóða. Ferlar 6 og 7 eru dregnir á þessu svæði. Upptök þar, sem virðast geta valdið mestri hættu fyrir byggðina, eru í hæð um 525 til 550 m.y.s. fyrir ferla nr. 6 en aðeins lægra fyrir ferla nr. 7.

#### 3.2.2.2 Snjósöfnun

Ríkjandi vindáttir með úrkomu að vetrarlagi í Súðavík eru norðan og norðaustan áttir. Í norðan og norðaustan áttum blæs inn með hlíðinni sem verður til þess að lítill snjór safnast þar fyrir nema í litlum gilskorningum. Efst á fjallinu er nokkur slétta og þegar vindur er af norðan og sérstaklega af norðvestan nær að skafa snjó fram af sléttunni og safnast hann fyrir efst í fjallinu.

Þar sem talið er að flóðið frá 16.01.1995 hafi átt upptök sín er nokkuð grunn skál í hlíðinni og safnast þar fyrir snjór í norðan og norðvestan áttum. Hnúkurinn uppi á sléttunni rétt þar fyrir ofan beinir síðan skafrenningi niður á umrætt upptakasvæði (ferlar 8, 9 og 10) þegar vindur snýst til norðvesturs. Snúi vindur sér meira til vesturs getur samsvarandi snjósöfnun átt sér stað í allri hlíðinni einnig sunnan við hnúkinn (ferlar 6, 7 og 8). Af því má álykta að hætta er á samsvarandi flóðum í allri Súðavíkurhlíðinni og urðu 16.01.1995. Aðstæður til snjósöfnunar og hengjumyndunar í þessum áttum

virðast sýnu mestar þar sem ferlar 9 og 10 eiga upptök sín en niðurstaða okkar er að nota sömu forsendur um snjósöfnun fyrir alla þessa ferla meðan upplýsingar um snjóflóð á þessu svæði eða snjóflóðasaga svæðisins spannar ekki lengri tíma en um 100 ár.

Í suðvestan átt getur einnig skafið fram af fjallinu og snjór safnast saman ofan við núverandi byggð, en þessi snjósöfnun ætti að verða mun minni en þegar vindur blæs af norðvestan vegna minna skjóls í sunnanáttum. Auk þess takmarkar hnúkurinn svæði sem getur skafið af úr suðvestan átt. Sé vindur af sunnan og suðaustan skefur úr hlíðinni svipað og gerist í norðaustan áttum.

### 3.2.3 Traðargil

#### 3.2.3.1 Landfræðilegar aðstæður.

Traðargil er syðst í Súðarvíkurhlíð og snýr mót austri (aðeins sunnan við austrið). Gilið byrjar í um 140 mys. Það er í fyrstu grunnt en dýpkar þegar ofar dregur. Þegar komið er í 350 mys. má segja að sjálft gilið endi og við taki við skál sem nær upp í 565 m.y.s. til norðurs og norðvesturs, þar er landhallinn um 30 - 35°. Til vesturs er önnur skál sem byrjar í um 490 mys. og sker sig inn úr þeirri fyrrnefndu og endar í bröttum klettum í Sauratindum.

Neðan við Traðargil er grjót/skriðukeila, Traðarhryggur, sem nær til sjávar. Vegna lögunar keilunnar taka snjóflóð mismunandi stefnu þegar þau koma út úr gilinu (ferlar 5a til 5d). Samkvæmt skráðum heimildum hafa stærstu flóðin tilhneingingu til að stefna sunnanvert við keiluna (ferlar 5c og 5d). Skýringin á þessu getur verið sú að flóðin fara af stað í þeim hluta skálarinnar sem snýr til suðurs og suðausturs og ná ekki að snúa sig alveg til austurs þegar kemur niður í gilið þannig að þegar gilinu sleppir stefna flóðin meira til suðurs.

Einnig er neðsti hluti gilsins svolítið snúinn til suðausturs.

#### 3.2.3.2 Snjósöfnun

Snjósöfnun getur verið töluverð í norðanverðu gilinu og í þeim hluta skálarinnar sem snýr mót suðri í hæðinni 350 - 550 m.y.s. Snjósöfnunarsvæðið getur náð allt að 90.000m<sup>2</sup>. Í norðan- og norðvestan átt getur mikill snjór safnast saman á þessu svæði þegar skefur ofan af fjallinu í norðan og þá einkum og sér í lagi í norðvestan áttum og valdið flóði sem yrði um 100.000 - 200.000 m<sup>3</sup>.

### 3.2.4 Sauradalur

#### 3.2.4.1 Landfræðilegar aðstæður

Innan við Traðargil er Sauradalur sem liggur til suðvesturs og er dalbotninn í um 100 m.y.s. ofan og norðvestan við hina nýju byggð. Snjóflóð sem falla innanvert í dalnum falla þvert ofan í hann og þurfa að snúast til austurs til að ná fram úr dalnum og í átt að hinni nýju byggð. Eini möguleikinn fyrir flóð sem falla eiga í átt að hinni nýju byggð er að þau eigi upptök sín í hlíðinni rétt innan við Traðargil norðaustan undan Sauratindum.

Á þessu svæði er hlíðin nokkuð slétt og með jöfnum halla upp í um 375 m.y.s. Þar fyrir ofan fer að myndast skál, um 120 m breið og 20 m djúp, sem nær alveg upp á fjallsbrún í um 600 til 700 m.y.s. Flóð úr þessari skál (ferill 3c) ná ekki að fara lengra en niður í dalbotn þar sem þau skella síðan á hlíðinni á móti. Möguleiki er á að þau geti snúið sér til austurs en þá renna þau um 200 til 250 m eftir nærri láréttu landi þannig að ekki er talið að byggðinni stafi hættu af slíku flóði. Fjallsbrúnn ofan og norðaustan þessarar skálar er nokkuð hvöss egg sem skilur að vestari skál Traðargils. Utan, norðaustan, við þessa skál er hlíðin nægilega brött, um 32°, til að snjóflóð geti farið af stað í hæðinni um 400 m.y.s. og upp á fjallseggina. Það er einkum á þessu svæði, utan við skálina, sem reiknað er með að flóð, sem stefna í átt að hinni nýju byggð (einkum ferill 3a) eigi upptök sín. Landhalli efst í hlíðinni er um 38° og þegar neðar dregur minnkar hallinn jafnt og þétt niður í 10° í um 130 m.y.s. Ferlar 4a og 4b eru dregnir aðeins utar en 3a og 3b og hafa upptök í um 440 til 475 m.y.s., eða um 100 m lægra en ferlar 3, og með landhalla um 35 til 38°.

Í botni dalsins rennur Eyrardalsá. Í hæðinni um 100 til 125 m.y.s hefur hún myndað um 5 m djúpt gljúfur og þegar komið er fram úr dalnum hefur áin grafið sig niður þannig að bakkinn sunnan við ána er allt að 10 m hár í landhæð um 100 m.y.s. Farvegur snjóflóða eftir ferlum 3a og 3b takmarkast til austurs af þessu gljúfri árinna í um 100 m.y.s. og til suðurs í um 125 m.y.s. vegna hlíðarinnar gegnt flóðstefnunni til suðvesturs..

Suðaustan við ána fremst í dalnum er landið nærri lárétt, á um 200 m kafla þegar ferlum 3a og 3b er fylgt. Þar fyrir neðan eru tvö nokkuð flöt svæði með 15 - 20° landhalla á milli. Á neðra svæðinu, neðan við 25 m.y.s. verður hin nýja byggð. Efri mörk byggðarinnar verða í um 700 m fjarlægð frá svokölluðum betapunkti (frá þeim punkti í landinu þar sem landhalli er um 10°) en það er sá halli sem yfirleitt er horft til við mat á því hvenær snjóflóð byrja að hægja á sér.

### 3.2.4.2 Snjósöfnun

Snjóflóð sem hugsanlega falla í átt að hinni nýju byggð, eiga upptök sín í norðaustur undan Sauratindum rétt innan við Traðargil. Upptakasvæðið er á hrygg sem kragar út til norðaustur. Í flestum áttum er þarna vindasamt og því lítið um skjól þannig að snjór geti safnast þar saman. Helsti möguleikinn á snjósöfnun er í norðan og norðvestan áttum þegar snjó skefur úr Traðargili, en einnig þá er líklegt að ekki myndist nægjanlegt skjól fyrr en innar í hlíðinni vegna lögunar á hryggnum. Þó virðist að hér þyrftu sérstök skilyrði að ríkja til að þær aðstæður næðu að skapast. Möguleikinn er hins vegar fyrir hendi. Annar möguleiki til snjósöfnunar er að snjór komi í miklu magni í hægum vindi eða logni í nokkra daga en við frekar lágt hitastig þannig að snjóþekjan bindi sig hægt. Ekki eru þó taldar miklar líkur slíku miðað við veðurfarssöguna.

### 3.2.5 Hlíðarfjall

#### 3.2.5.1 Landfræðilegar aðstæður

Sunnan við Sauradal stendur Hlíðarfjall. Tindurinn Kofri stendur upp úr fjallinu að norðaustanverðu. Fjallsegg gengur þar út úr fjallinu til norðausturs með nokkuð bröttum klettaveggjum beggja vegna ofan við 375 m.y.s. Þar fyrir neðan tekur við nokkuð ávöl öxl. Snjóflóð sem hugsanlega geta fallið í átt að hinni nýju byggð eiga upptök sín á þessari öxl í um 240 - 375 m.y.s. Ferlar 2a og 2b með upptök í hæð um 240 og 275 m.y.s. en ferill 1 með upptök í um 375 m.y.s. Landhalli á upptakasvæði er um 40 - 50°. Í hæð um 225 m.y.s. er landhalli kominn í um 27 -32° og minnkar nokkuð jafnt niður hlíðina í litlum stöllum þó mismunandi eftir því hvaða ferli er fylgt. Í hæð um 150 m.y.s. er landhalli kominn niður í um 10° þegar ferlum 2a og 2b er fylgt. Þar sem ferill 2a liggur hallar landi aftur meira eða um 15° á milli 150 m.y.s. og 115 m.y.s. en er síðan um 8 til 10° alveg niður í um 30 m.y.s. Ferill 2b er hliðstæður en ferill 1 nær hins vegar ekki 10°halla fyrr en niður í hæð um 45 m.y.s.

Efri mörk byggðarinnar að sunnanverðu verða því í um 600 m fjarlægð frá betapunkti (þeim punkti í landinu þar sem landhalli er um 10°) og í um 150 m ofan Langeyrar.

#### 3.2.5.2 Snjósöfnun

Snjósöfnun í hlíðinni undan Kofra getur helst orðið við að það skafi úr vestan eða suðvestan átt eftir hlíðinni úr Sauradalnum og setjist síðan þegar komið er fram af sléttunni norðaustur af öxlinni í um 250 m hæð. (Ferlar 2a og 2b). Hinn möguleikinn er eins og fyrir Sauradalssvæðið sem lýst er hér

að framan að mikil ofankoma verði á stuttum tíma í hægum vindi eða logni við lágt hitastig þannig að binding snjóþekjunnar gerist hægt.

### 3.3 NIÐURSTÖÐUR ÚTREIKNINGA

#### 3.3.1 Almennt

Við mat á forsendum eru þekkt snjóflóð lögð til grundvallar. Á meðfylgjandi teikningu nr. 1.02 eru sýnd þekkt snjóflóð skv. heimildum Veðurstofu Íslands.

Ráðandi flóð varðandi forsendur eru flóðin sem urðu síðastliðinn vetur þ.e. þann 18. desember 1994 og 16. janúar 1995.

Reiknaðar eru þær forsendur fyrir viðkomandi reiknilíkan sem þurfa að vera til að ná þessum þekktu flóðum. Fyrir THJ líkanið var stuðlunum "n", og  $\xi$  haldið föstum með gildunum  $n=0,9$  og  $\xi=1400$ . Er þá reynt að nálgast flóðin með því að láta snjódýptarstuðulinn d breytast. Skoðað var að láta breidd ferla breytast en dregið hefur verið í efa að slíkt sé réttlæt看legt og gildir það sérstaklega fyrir flóðfarvegi eins og t.d. í Súðavíkurlíð. Ákveðið var því að reikna alla ferla í THJ líkani með fastri breidd nema í Traðargili enda er þar um skýrt afmarkað gil að ræða í fraveginum, víðaáttumikið upptakasvæði og hrygg þegar gílinu sleppir (það sama gildir einnig fyrir GGT líkanið). Fyrir PCM líkanið voru skoðuð nokkur pör af  $\mu$  og hlutfallinu M/D. Að lokinni þeirri prófun var ákveðið að festa  $\mu=0,20$  en finna heldur mest lýsandi gildið á M/D hlutfallinu. Gera verður skýran mun á mati á hlutfallinu M/D fyrir Traðargil og þá ferla sem ekki fara eftir gili á leið sinni.

Í töflum í kafla 4 eru birtar niðurstöður útreikninga úr reiknilíkonunum fyrir alla ferla miðað við forsendur sem rökstuddar eru hér á eftir í kafla 3.3.

#### 3.3.2 Súðavíkurlíð

Í Súðavíkurlíð eru skráð 5 þekkt flóð. Fróðlegt er að taka eftir að þau elstu eru frá 1983.

Skoðaðar voru forsendur fyrir reiknilíkonin þrjú sem þurfa að vera fyrir hendi til að ná flóðinu frá 16/01/1995. Sams konar könnun var gerð vegna flóðsins frá 06/01/1983 til að fá fram hversu mikill munur er á forsendunum og til að átta sig á viðkvæmni ferlanna fyrir breytingum á forsendum.

Ef horft er til ferils nr. 9 fæst að flóðið frá 16.01.1995 næst með því að reikna með eftirtöldum forsendum fyrir líkonin þrjú:

THJ	d=3,4,
PCM	M/D = 780
BLD	meðalgildi $\alpha$ (kallað $\alpha_m$ ) að frádregnu 1,8 SD (SD=staðalfrávik).

Til samanburðar má geta þess að til að ná flóðinu frá 06.01.1983 þurfti eftirtalin gildi til að líkja eftir því flóði miðað við sömu upptök (hins vegar er talið að upptökin þá hafi verið í hæð um 300 mys).

THJ	d=2,5,
PCM	M/D = 530 (sem er (M/D)/H=1,0)
BLD	$\alpha_m - 0,8$ SD

Samkvæmt þessu hefur þarf snjódýptarstuðullinn “d” fyrir flóðið í vetur að vera 36% hærra en til að ná flóðinu frá 1983. Gildi á hlutfallinu M/D þarf hins vegar að vera um 47% hærri. Flóðið í vetur er um 140 m lengra en flóðið frá 1983. Ef litið er til hornsins  $\alpha$  er það um 2,0° minna fyrir flóðið árið 1995 en 1993, sem er um það bil staðalfráviknið í norsku rannsókninni á flóðunum 200.

Ef unnið er út frá þessari umræddu norsku tölfræðigreiningu á flóðum þá ætti þessi niðurstaða með tveimur staðalfrávikum að lýsa flóðlengd sem tæp 98% líkur eru á að ekki verður yfirskriðin á næstu hundrað árum. Byggist það á mati norðmannanna að þeirra gagnasafn innihaldi flóð með úthlaupslengd með meðalendurkomutíma a.m.k. um 100 ár.

Í reiknilíkani þeirra David McClungs og Arthurs Mears er svokallað úthlaupshlutfall (e. run out ratio) skoðað. Það er skilgreint sem eftirfarandi:

$$(X_{\text{end}} - X_{\beta}) / X_{\beta}$$

$X_{\text{end}}$  = lárétt lengd flóðs frá upptökum til enda.

$X_{\beta}$  = lárétt lengd frá upptökum flóðs að þeim punkti þar sem halli lands er 10°.

Þetta hlutfall er fyrir þessi tvö flóð um 0,27 og 0,42. Engin tölfræðileg greining hefur verið gerð á þessu hlutfalli fyrir íslensk flóð en þó má nefna að hlutfalli 0,42 er í hærri kantinum ef litið er til niðurstaða McClung og Mears (1991) fyrir nokkur erlend fjallasvæði. Tölfræðigreining á þessu hlutfalli hefur verið gerð með aðferð Gumbels sem af mörgum er talin eðlilegri við greiningu á snjóflóðum heldur en aðferð Norðmannanna sem byggir á þeirri túlkun að gagnasafnið sé normaldreift. McClung og Mears gerðu t.d. tölfræðigreiningu með þessari hágildisaðferð (e. extreme value distribution) fyrir nokkur fjallasvæði og þar á meðal á þessu umrædda norska gagnasafni. Miðað við að nota þessa aðferð og stuðlana þeirra fyrir norsku flóðin fæst að rúm 97% líkur eru á að þessi flóðlengd verði ekki

yfirskiðin á næstu 100 árum. Ekki virðist því mikill munur á niðurstöðum þessara tveggja aðferða við að meta líkindi á að flóð verði yfirskiðin á næstu 100 árum (öll þau gagnasöfn sem þeir unnu með eru metin til að lýsa flóðum með meðalendurkomutíma um 100 ár).

Þessar hugleiðingar hér að ofan um líkindi á sams konar flóði eða lengra á næstu 100 árum er ekki hægt að taka bókstaflega enda ekki verið gerð svipuð rannsókn fyrir flóð á Vestfjörðum né Íslandi yfirleitt. Þetta er þó sett hér fram sem vísbending um hvers megi vænta á næstu 100 árum. Í kafla 4 eru settar fram hugleiðingar um mat á endurkomutíma þeirra flóða sem lögð eru til grundvallar því hættumati sem þessi skýrsla nær til.

Ef sama athugun er gerð á stuðlum reiknilíkananna þriggja og fyrir feril nr. 10 eins og fyrir feril 9 fást eftirtaldar niðurstöður (flóðið 1983 í sviga):

THJ	$d=3,3$ (2,4)
PCM	$M/D = 760$ (500)
BLD	$\alpha_m - 2,0$ SD (1,0 SD)

Niðurstaða þessarar skoðunar er að við höfum ákveðið að nota eftirtalda stuðla sem forsendu fyrir hættumati ferla nr. 6 og upp úr (þ.e. ferla í Súðavíkurhlíð eða utan Traðargils) fyrir reiknilíkonin sem unnið er með:

THJ	$d = 3,5$ m
PCM	$M/D = 800$
BLD	$\alpha_m - 2,0$ SD

Niðurstaða hættumats byggist síðan á mati á þessum niðurstöðum.

Rökstuðningur okkar fyrir því að sömu forsendur eigi að gilda fyrir þessa ferla í Súðavíkurhlíð er sá að ekki er með óyggjandi rökum hægt að fullyrða að sá mismunur sé á aðstæðum á upptakasvæði þessara ferla sem réttlæti mismunandi mat á forsendum fyrir þá við ákvörðun viðmiðunarflóðs í hættumati.

Við fyrstu skoðun mætti álykta sem svo að svæðið suðaustur undan hnúkinum uppi á Súðavíkurhlíðinni sé þar sem stærstu flóðin geta komið. Flóðasagan bendir einnig til þess. Athugun á ferli nr. 7 bendir hins vegar til að ekki sé mikill munur á forsendum frá ferli nr. 10 ef flóðin frá 1983, sem féllu eftir þeim farvegum, eru borin saman. Aðstæður til snjósöfnunar á upptakasvæði ferla nr. 6, 7 og 8 eru ekki mjög ósvipaðar og fyrir ferla nr. 9 og 10 munurinn liggur að mestu í úr hvað átt skafi niður á upptakasvæði þeirra. Landfræðilegir eiginleikar ferlanna gefa heldur ekki tilefni til að

áætla annað en að svipaðar forsendur eigi að gilda fyrir þessa ferla. Ef efasemdir eru uppi um að að sömu aðstæður gildi ekki fyrir ferla 6, 7 og 8 eins og fyrir nr. 9 og 10 þá er rétt að það komi fram að fyrir minna gildi á d (3,0m) og M/D (600) fyrir ferla 6, 7 og 8, þá reyndust flóð skv. reiknilíkönnum stöðvast rétt ofan við húsin ofan Aðalgötu. Niðurstöður útreikninga úr ferlum nr. 6a og 7 með BLD líkani gefa stöðvunarhæð um 10 til 20 m ofan við Aðalgötu miðað við tvö staðalfrávik. Þá má einnig hafa hliðsjón af niðurstöðum með McClung og Mears líkaninu en það gaf stöðvunarhæð í um 11 til 12 m.y.s miðað við 98% líkur á að það verði ekki yfirs kriðið (tvö staðalfrávik gefa einnig um 98% líkur á að flóð verði ekki yfirs kriðið). Miðað við þessar niðurstöður og með hliðsjón af að þessi skriðmörk liggja við húsin ofan Aðalgötu þar sem þessi flóðfarvegir liggja auk þess sem aðliggjandi flóðfarvegir (5a, 6b og 8) hafa óvissa breidd telja höfundar þessarar skýrslu ekki grundvöll til að taka ákvörðun um annað en að niðurstaða með PCM líkani eigi að ráða fyrir þessa ferla og er niðurstaðan sú að flóð nær út í sjó eftir þessum ferlum.

### 3.3.3 Traðargil

Hjá Veðurstofunni eru skráð 6 flóð úr Traðargili. Það elsta á að hafa átt sér stað einhvern tímann á árunum 1884-1892. Nákvæm mörk eru ekki fyrir hendi en þó eru mörk þess talin frekar líkleg.

Í rauninni segja flóðin sem féllu þann 18. desember 1994 og þann 16. janúar allt sem segja þarf um hættu af völdum snjóflóða á svæðinu undan Traðargili.

Dreginir voru upp ferlar sem taldir eru lýsandi fyrir stefnu flóða eins og þau geta tekið út úr Traðargilinu (ferlar 5a til 5d). Þá voru skoðaðar þær forsendur sem þurfa að gilda til að ná þessum skriðlengdum með reiknilíkönnum.

Erfitt er að líkja eftir þessum snjóflóðum með THJ og GGT líkönunum vegna áhrifa sem gilið hefur á flóðbreiddina. Þá er nokkuð ljóst að vegna stærðar upptakasvæðis þarf að reikna með verulega hærra gildi á M/D hlutfallinu með PCM líkaninu en fyrir Súðavíkurhlíðina.

Hér á eftir er samantekt yfir forsendur hinna mismunandi líkana fyrir ferla 5a til 5d til að ná þekktu flóðunum og að þau nái niður að sjó.

Fyrir ferla 5a 5b og 5d nægja eftirfarandi skilyrði til að flóð nái niður að sjó (eins og t.d. flóðin frá um 1890 fyrir feril 5a og flóðið 16/01/95 fyrir 5d).

	ferill 5a	ferill 5b	ferill 5d
THJ	d=3,0	d=3,0	d=3,1
PCM	M/D=900	M/D=950	M/D=1170
BLD	við 0,4 SD	við 0,5 SD	við 1,05 SD

Með flóðferli 5c er reynt að líka eftir flóðinu frá 18/12/94. Ef hann er skoðaður sérstaklega þá þurfa eftirfarandi forsendur að gilda fyrir annars vegar að ná sömu úthlaups lengd og reyndist í því flóði og hins vegar til að ná út í sjó:

	ferill 5c flóðið 18/12/94	ferill 5c nær út í sjó
THJ	d=3,3	d=4,0
PCM	M/D=1400	M/D=1870
BLD	við 0,9 SD	við 1,2 SD

Enginn vafi leikur á því að hættumat fyrir ferla 5a, 5b og 5d skuli miðast við að flóð fari út í sjó. Vafi er hins vegar á því gagnvart flóði eftir ferli 5c. Ef horft er til McClung og Mears líkansins þá reiknast að flóð stöðvist í um 4 m.y.s. miðað við 98% líkur á að flóðið verði ekki yfirskríðið á næstu 100 árum. Til að ná þeim mörkum þurfa eftirtaldir forsendur að gilda fyrir hin líkönin:

	flóð stöðvast í um 4 m.y.s
THJ	d=3,7
PCM	M/D=1700
BLD	við 1,1 SD

Hér hefur verið tekin ákvörðun um að miða hættumat við þessar forsendur enda þýðir þetta um 60 m lengra flóð en féll þann 18/12/94. Er það mat okkar þetta sé svipaðar kröfur með tilliti til áhættu eins og miðað er við fyrir Súðavíkurlíð.

### 3.3.4 Sauradalur

Engin flóð eru þekkt með upptök í hlíðinni undan Sauratindum innan við Traðargil.

Flóð sem eiga upptök sín í skálinni sem áður hefur verið nefnd fara yfir Eyrardalsána og upp hinum megin. Annað hvort stöðvast þau þar fljótlega eða þau taka sveigju niður dalinn en þegar þar er komið þurfa þau að fara yfir nærri lárétt land sem er um 200 m að lengd meðan þau eru að snúa sér til austurs. Miðað við sömu forsendur og í Súðavíkurlíðinni reiknast flóð úr skálinni til að stöðvast í ánni eða um 130 m y.s.

Í útreikningum með reiknilíkönunum hefur verið gert ráð fyrir sambærilegri snjósöfnun hér og í Súðarvíkurhlíð þó hún ætti að öllum líkindum ætti það að vera eitthvað minni miðað við sömu áhættu.

Ferill 4c var skoðaður til að meta hættu á flóðum niður á bæinn Eyrardal. Miðað við forsendur hættumats reyndist niðurstaðan sú að flóð endi vel ofan við hann.

Ferill 3a var skoðaður ítarlega með tilliti til nýju byggðarinnar. Ef horft er til hinna ýmsu líkana reyndust niðurstöður að flóð stöðvast í um 57 til 65 m.y.s miðað við 98% líkur á að flóð verði ekki yfirskriðið skv. BLD og McClung og Mears,  $M/D=800$  og  $d=3,5$ . Hér hefur verið ákveðið að fylgja niðurstöðu skv. BLD líkani miðað við tvö staðalfrávik. Hér er möguleiki á að niðurstaðan sé full íhaldssöm miðað við þær forsendur sem gilda í Súðavíkurhlíðinni. Er þá horft til þess að engin flóð eru þekkt með upptök á þessum slóðum. Niðurstaðan hér er þó sú að láta gilda sömu forsendur á þessu svæði og fyrir Súðavíkurhlíðina en þó er það látið fylgja með að okkar mat er að hér sé um flóðmörk með allt að 1000 ára endurkomutíma þegar tillit er tekið til endimarka gula svæðisins.

### 3.3.5 Hlíðarfjall

Engin flóð eru þekkt með upptök í hlíðinni undan Kofra.

Ljóst er af aðstæðum til snjósöfnunar fyrir þetta svæði að gildið á  $d$  er mun lægra en fyrir önnur svæði sem hér eru athuguð þegar reiknað er með THJ líkaninu. Það sama gildir einnig um gildi á  $M/D$  hlutfallinu ef reiknað er með PCM líkaninu. Einnig verður að gera ráð fyrir minni kröfum varðandi viðbót á staðalfrávikum við niðurstöðu úr BLD líkaninu þar sem hér getur upptakasvæði snjóflóða alls ekki talist vera dæmigert vegna legu þess gagnvart ríkjandi vindáttum. Þá er þess að geta að hlíðin er mjög stölluð þannig að flóð sem mögulega fara af stað lenda alltaf tiltölulega fljótt á stalli og stöðvast fljótlega. Hér hefur verið tekin ákvörðun um að miða við frekar íhaldsamar kröfur vegna m.a. niðurstöðu úr PCM líkaninu. Hins vegar má bæta því við að skv. norksu skýrslunni (heimild nr. 10) þá telja höfundar hennar litlar líkur á að flóð fari neðar en um 100 m.y.s. fyrir feril svipuðan og nr. 2a.

## 4. NIÐURSTÖÐUR - AFMÖRKUN HÆTTUSVÆÐA

### 4.1 SAMANTEKT

Í meðfylgjandi töflum hér á næstu síðum eru teknar saman niðurstöður útreikninga úr þeim reiknilíkönum sem liggja til grundvallar gerð þessa hættumats.

<b>Snjóflóðaferlar í Súðavík</b>				
Niðurstöður skv. reiknilíkani THJ, $n=0,9$ og $\xi=1400$				
Ferill	Snjódýpt "d" (m)	Lár.lengd $X_{end}$ (m)	Stöðv.hæð $Y_{end}$ (m)	Lengd flóðs (m)
Sud0	2,7	1149	15,1	1163
Sud1	2,7	1165	7,0	1217
Sud2b	2,7	324	143,7	299
Sud2a	2,7	444	93,4	462
Sud3a	3,5	1477	60,2	1473
Sud3b	3,5	1445	56,4	1546
Sud4c2	3,5	1421	24,0	1432
Sud4a	3,5	1417	25,9	1422
Sud4b	3,5	1234	29,8	1301
Sud5a	3,0	>1700	0,0	>1800
Sud5b	3,0	>1700	0,0	>1800
Sud5c	3,7	1824	4,8	1910
Sud5d	3,5	>1780	0,0	>1860
Sud6b	3,5	>1254	0,0	>1355
Sud6a	3,5	>1244	0,0	>1389
Sud7	3,5	>1147	0,0	>1258
Sud8	3,5	1217	5,8	1339
Sud9	3,5	1307	4,9	1382
Sud10	3,5	>1310	0,0	>1423
Sud11	3,0	>1062	0,0	>1185
Sud11a	3,0	>1225	0,0	>1383
Sud12	3,0	>1176	0,0	>1333
Sud13	2,0	>1095	0,0	>1209
Sud14	1,5	>1100	0,0	>1085

**Snijólfóðafeiðlar í Súðavík.**  
Niðurstöður útreikninga á ferlum VST með PCM líkaninu

Ferill	$\beta$ (°)	$X_b$ (m)	$Y_b$ (mys)	M/D	$X_{end}$ (m)	$Y_{end}$ (mys)	L (m)	$\alpha_{end}$ (°)
Sud0	19,68	1024,56	29,35	500	1145	15,3	1160	18,30
Sud1	20,17	908,09	48,74	500	1166	7,0	1218	17,80
Sud2b	24,00	300,91	146,82	100	330	143,1	349	22,56
Sud2a	25,51	195,13	153,11	100	462	90,5	480	18,42
Sud3a	26,00	979,40	129,82	800	1469	60,9	1465	19,90
Sud3b	26,50	1000,35	118,73	800	1368	65,0	1468	21,87
Sud4c2	24,93	879,26	105,75	800	1425	24,0	1436	18,60
Sud4a	24,79	894,28	103,02	800	1410	26,9	1415	18,74
Sud4b	22,37	927,71	65,57	800	1285	22,8	1351	18,23
Sud5a	21,35	1300,95	51,47	900	>1700	0,0	>1800	<18,3
Sud5b	21,64	1274,19	54,53	900	>1700	0,0	>1800	<18,3
Sud5c	21,38	1285,88	56,52	1.700	1827	4,7	1934	16,9
Sud5d	21,83	1216,23	72,72	1.170	>1775	0,0	>1880	<17,5
Sud6b	29,63	906,12	37,98	750	>1250	0,0	>1350	<23,5
Sud6a	32,12	784,43	65,62	700	>1240	0,0	>1400	<24,0
Sud7	30,52	731,83	57,15	700	>1140	0,0	>1250	<22,9
Sud8	30,59	856,37	37,69	800	1225	5,3	1347	23,53
Sud9	30,24	900,83	42,35	800	1282	5,0	1357	23,27
Sud10	31,16	872,16	49,88	800	1294	4,1	1405	23,61
Sud11	29,76	700,75	49,28	580	>1060	0,0	>1180	<23,0
Sud11a	31,62	861,17	50,91	580	>1225	0,0	>1380	<25,2
Sud12	29,95	896,09	33,74	550	>1170	0,0	>1330	<25,1
Sud13	30,79	849,57	42,66	370	>1100	0,0	>1200	<25,5
Sud14	27,95	909,39	38,66	370	>1100	0,0	>1085	<24,9



Ferill	Snijóflóðafarlar í Súðavík.										Niðurstöður útreikninga á ferlum VST með BLD lífaninu			
	$\alpha$	$\beta$	$Y_p$	$\theta$	$Y_{upptök}$	$X_{end}$	$Y_{end}$	$L_{engd, L}$	$X_{end}$	$Y_{end}$	$dL (+L)$	$X_{end}$	$Y_{end}$	$dL (+L)$
Sud0	17,73	19,68	29,35	34,78	375	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sud1	18,15	20,17	48,74	32,01	375	1119	15	1170	1299	5	181	0	0	0
Sud2b	21,67	24,00	146,82	28,79	275	349	141	367	455	117	109	757	39	421
Sud2a	23,00	25,51	153,11	22,99	240	248	140	260	342	114	98	436	95	193
Sud3a	23,55	26,00	129,82	36,13	550	1116	115	1106	1283	90	170	1511	57	402
Sud3b	24,00	26,50	118,73	35,93	600	1141	108	1234	1361	65	227	1553	49	420
Sud4c2	22,57	24,93	105,75	34,59	475	1051	74	1057	1202	56	152	1429	25	383
Sud4a	22,44	24,79	103,02	34,78	475	1072	69	1074	1228	51	158	1462	19	394
Sud4b	20,09	22,37	65,57	25,57	440	1086	49	1151	1309	19	226	0	0	0
Sud5a	19,10	21,35	51,47	26,34	560	1579	13	1685	0	0	0	0	0	0
Sud5b	19,36	21,64	54,53	26,34	560	1558	12	1665	0	0	0	0	0	0
Sud5c	19,03	21,27	56,52	25,25	550	1527	30	1611	1793	7	268	0	0	0
Sud5c	19,14	21,38	56,52	26,34	560	1527	30	1632	1798	6	272	0	0	0
Sud5d	19,55	21,83	72,72	26,34	560	1491	31	1595	1769	1	280	0	0	0
Sud6b	27,06	29,63	37,98	41,76	525	1041	18	1140	1152	10	111	0	0	0
Sud6a	29,57	32,12	65,62	38,44	550	917	37	1058	1051	16	136	1184	8	269
Sud7	28,02	30,52	57,15	38,22	475	845	38	952	982	14	139	1114	5	272
Sud8	28,06	30,59	37,69	42,27	525	974	23	1095	1090	16	117	1239	4	266
Sud9	27,69	30,24	42,35	38,22	525	1028	24	1102	1151	14	123	1301	4	274
Sud10	28,60	31,16	49,88	38,66	550	992	34	1101	1132	14	142	1277	4	287
Sud11	27,17	29,76	49,28	39,81	450	823	28	943	922	17	100	1041	5	219
Sud11a	29,06	31,62	50,91	41,01	575	996	27	1152	1125	14	130	0	0	0
Sud12	27,32	29,95	33,74	38,66	550	1032	17	1188	1152	5	121	0	0	0
Sud13	28,28	30,79	42,66	44,15	525	978	20	1089	0	0	0	0	0	0
Sud14	25,45	27,95	38,66	37,78	450	1062	8	1046	0	0	0	0	0	0

### SÚÐAVÍK, Hættumat vegna snjóflóða

Niðurstöður útreikninga með líkani beirra Lied og Toppe, LT líkaninu.

Reiknað er meðalgildi ásamt stöðvunarhæð með  $\alpha$  að viðbættum tveimur staðalfrávikum.

Ferill	$\alpha=0,96\beta-1,7^\circ$ SD=1,4°										$X_{end}, Y_{end}$ fyrir $\alpha - 2SD$	
	$\alpha_m$	BLD	$\beta$	$X_b$	$Y_b$	$\theta$	$Y_{upptök}$	$X_{strönd}$	$\alpha_m$	$\alpha-2SD$	Xend	Yend
0	17,73	19,68	1024,56	29,35	34,78	375	1.180	17,00	14,20	1150	15,0	
1	18,15	20,17	908,09	48,74	32,01	375	1.400	17,46	14,66	1400	5,0	
2b	21,67	24,00	300,91	146,82	28,79	275	1.170	21,10	18,30	691	51,0	
2a	23,00	25,51	195,13	153,11	22,99	240	1.000	22,53	19,73	387	106,0	
3a	23,55	26,00	979,40	129,82	36,13	550	2.041	23,00	20,20	1441	63,0	
3b	24,00	26,50	1000,35	118,73	35,93	600	1.980	23,48	20,68	1485	53,0	
4a	22,44	24,79	894,28	103,02	34,78	475	1.650	21,85	19,05	1469	18,0	
4b	20,09	22,37	927,71	65,57	25,57	440	1.490	19,55	16,75	1446	10,0	
4c	22,57	24,93	879,26	105,75	34,59	475	1.680	21,98	19,18	1415	24,0	
5a	19,10	21,35	1300,95	51,47	26,34	560	1.690	18,58	15,78	1691	2,0	
5b	19,36	21,64	1274,19	54,53	26,34	560	1.690	18,86	16,06	1683	2,0	
5c	19,14	21,38	1285,88	56,52	26,34	560	1.880	18,61	15,81	1890	0,0	
5d	19,55	21,83	1216,23	72,72	26,34	560	1.770	19,04	16,24	1770	1,0	
6a	29,57	32,12	784,43	65,62	38,44	550	1.240	28,81	26,01	1115	12,0	
6b	27,06	29,63	906,12	37,98	41,76	525	1.250	26,45	23,65	1240	4,0	
7	28,02	30,52	731,83	57,15	38,22	475	1.140	27,29	24,49	1039	13,0	
8	28,06	30,59	856,37	37,69	42,27	525	1.265	27,36	24,56	1163	9,0	
9	27,69	30,24	900,83	42,35	38,22	525	1.330	27,03	24,23	1290	4,0	
10	28,60	31,16	872,16	49,88	38,66	550	1.300	27,90	25,10	1197	10,0	
11	27,17	29,76	700,75	49,28	39,81	450	1.050	26,57	23,77	996	11,0	
11a	29,06	31,62	861,17	50,91	41,01	575	1.220	28,34	25,54	1200	6,0	
12	27,32	29,95	896,09	33,74	38,66	550	1.170	26,75	23,95	1171	1,0	
13	28,28	30,79	849,57	42,66	44,15	525	1.090	27,55	24,75	1090	1,0	
14	25,45	27,95	909,39	38,66	37,78	450	1.080	24,85	22,05	1095	1,0	

**SÚÐAVÍK, Hættumat vegna snjóflóða.** Niðurstöður útreikninga með líkani McClung og Mears.

Reiknað er með stuðlum sem þeir hafa fengið við rannsókn á sama norska gagnasafninu og BLD byggir á.

Ferill	Stöðvunarhæð flóða miðað við mismunandi líkur á að flóð verði ekki yfirskriðin.													
	$\alpha_m$	BLD	$\beta$	$X_p$	$Y_p$	$Y_{uppök}$	$X_{end}$ fyrir 90% líkur	$Y_{end}$ fyrir 90% líkur	$X_{end}$ fyrir 95% líkur	$Y_{end}$ fyrir 95% líkur	$X_{end}$ fyrir 97% líkur	$Y_{end}$ fyrir 97% líkur	$X_{end}$ fyrir 98% líkur	$Y_{end}$ fyrir 98% líkur
							$X_p=0,32$	$X_p=0,32$	$X_p=0,37$	$X_p=0,37$	$X_p=0,41$	$X_p=0,41$	$X_p=0,443$	$X_p=0,443$
0	17,73	19,68	1024,56	29,35	375	1.352	0	1.404	0	1.445	0	1.480	0	
1	18,15	20,17	908,09	48,74	375	1.199	7	1.244	5	1.280	5	1.312	5	
2b	21,67	24,00	300,91	146,82	275	397	133	412	130	424	127	435	125	
2a	23,00	25,51	195,13	153,11	240	258	137	267	134	275	132	282	130	
3a	23,55	26,00	979,40	129,82	550	1.293	85	1.342	72	1.381	68	1.415	65	
3b	24,00	26,50	1000,35	118,73	600	1.320	65	1.370	65	1.410	61	1.445	56	
4a	22,44	24,79	894,28	103,02	475	1.180	57	1.225	51	1.261	48	1.292	45	
4b	20,09	22,37	927,71	65,57	440	1.225	30	1.271	25	1.308	19	1.340	18	
4c	22,57	24,93	879,26	105,75	475	1.161	62	1.205	56	1.240	53	1.270	50	
5a	19,10	21,35	1300,95	51,47	560	1.717	0	1.782	0	1.834	0	1.879	0	
5b	19,36	21,64	1274,19	54,53	560	1.682	2	1.746	0	1.797	0	1.840	0	
5c	19,14	21,38	1285,88	56,52	560	1.697	18	1.762	9	1.813	5	1.857	4	
5d	19,55	21,83	1216,23	72,72	560	1.605	18	1.666	13	1.715	9	1.757	3	
6a	29,57	32,12	784,43	65,62	550	1.035	19	1.075	15	1.106	13	1.133	11	
6b	27,06	29,63	906,12	37,98	525	1.196	7	1.241	4	1.278	0	1.309	0	
7	28,02	30,52	731,83	57,15	475	966	15	1.003	13	1.032	13	1.057	12	
8	28,06	30,59	856,37	37,69	525	1.130	12	1.173	7	1.207	6	1.237	4	
9	27,69	30,24	900,83	42,35	525	1.189	14	1.234	6	1.270	6	1.301	4	
10	28,60	31,16	872,16	49,88	550	1.151	13	1.195	10	1.230	6	1.260	5	
11	27,17	29,76	700,75	49,28	450	925	16	960	14	988	12	1.012	10	
11a	29,06	31,62	861,17	50,91	575	1.137	13	1.180	10	1.214	3	1.244	0	
12	27,32	29,95	896,09	33,74	550	1.183	0	1.228	0	1.263	0	1.294	0	
13	28,28	30,79	849,57	42,66	525	1.121	0	1.164	0	1.198	0	1.227	0	
14	25,45	27,95	909,39	38,66	450	1.200	0	1.246	0	1.282	0	1.313	0	

## 4.2 HUGLEIÐINGAR UM NIÐURSTÖÐUR, MAT Á ENDURKOMUTÍMA

Í nýju reglugerðinni um hættumat vegna snjóflóða nr. 376 þ. 21. júní 1995 er kveðið á um að í greinargerð með hættumati komi tölfræðileg líkindi þess að hættumatið sýni þá hámarksskriðlengd snjóflóða sem búast megi við á 100, 300, 500 og 1000 ára fresti eða fyrirvarar varðandi líklegan endurkomutíma flóða.

Á þessari stundu liggja ekki fyrir nægjanlegar upplýsingar um íslensk snjóflóð eða snjóflóð í Súðavík til að hægt sé að gera grein fyrir þessum líkindum með viðunandi hætti. Hér verður hins vegar reynt að leggja mat á endurkomutíma þeirra flóða sem liggja til grundvallar hættumatinu. Fyrirvari er þó hafður vegna skorts á nægjanlegum gögnum og tölfræðilegri rannsókn á íslenskum flóðum. Þetta mat verður nálgæð með hliðsjón af þumalfingursreglum þeim sem sérfræðingarnir á NGI nota við þeirra mat á endurkomutíma flóða.

Til að varpa nánara ljósi á mat á niðurstöður útreikninga með norska tölfræðilíkaninu, BLD, er vitnað í skýrslu Kristjáns Jónassonar um ferð hans til NGI í Ósló 1. til 5. apríl 1995, á vegum Ofanflóðanefndar, til að afla upplýsinga um hvernig Norðmenn standa að snjóflóðarannsóknum. Í henni kemur fram að Norðmenn draga upp jafnáhættulínur sem lýsa úthlaupslengd flóða með endurkomutíma 333 ár og 1000 ár eða árleg líkindi  $p=3 \times 10^{-3}$  og  $p=10^{-3}$ . Þeir reikna skriðlengdir flóða m.a. með tölfræðilíkaninu (BLD).

- Ef brekkan er dæmigerð snjóflóðabrekka (snýr undan aðal vind- og úrkomuáttum, upptakastaður er ekki kúptur og  $\theta$  (halli brekku á upptakasvæði) er á bilinu 30 til 42°), þá er þumalfingursregla að úthlaupslengd flóða með meðalendurkomutíma 333 ár sé við 1,5 staðalfrávik og 1000 ára flóðið sé við 2 staðalfrávik.
- Ef brekkan er ekki dæmigerð þá er miðað við 0 og 1 staðalfrávik.
- Ef brekkan er hins vegar mjög dæmigerð er jafnvel farið upp í 3 staðalfrávik fyrir 1000 ára flóðið. Hugsanlega mætti þá miða 300 ára flóðið við 2 staðalfrávik.

Ekki er óeðlilegt að meta Súðavíkurhlíðina sem dæmigerða snjóflóðabrekku, ef ekki mjög dæmigerða. Ef flóð í Súðavík væri hægt að túlka sem sambærileg við norsk snjóflóð þá mætti álykta að hættumatsflóðin sem hér hafa verið ákveðin (miðast við 2 staðalfrávik í Súðavíkurhlíð) hefðu endurkomutíma 1000 ár ef brekkan væri dæmigerð og kannski 300 ár ef hún flokkaðist undir að vera mjög dæmigerð. Sem fyrr er ítrekað að norsku flóðin, sem þeirra rannsóknir eru gerðar á, eru flest frá vestur Noregi og aðallega suðvesturhluta Noregs. Mönnum virðist að þessi stóru flóð sem verið hafa að falla á Vestfjörðum á þessari öld hafi lengri úthlaupslengd en

Þessi norsku flóð án þess þó að það sé stutt neinum rannsóknarniðurstöðum. Einnig er rétt að hafa í huga að sýnt hefur verið fram á í erlendum rannsóknum að hvert fjallasvæði hefur sína sérstöku eiginleika sem þýðir að ekki er hægt að heimfæra stuðla fengna úr tölfræðigreiningu frá einu fjallasvæði yfir á annað gagnrýnislaust. Útreikningur með BLD líkaninu og þeim stuðlum sem gilda fyrir Vestur-Noreg, sem við höfum valið að nota í okkar útreikningum, getur leitt til ofmats eða öllu heldur vanmats á flóðum á Vestfjörðum. Mögulegur munur á flóðum á Vestfjörðum og flóðum í Vestur Noregi getur t.d. verið fólgin í hitastigi þegar flóð falla þannig að þau falli við herra hitastig í Noregi og hafi því meira rennslisviðnám en flóð á Vestfjörðum. Rannsóknir sem McClung hefur gert virðast þó ekki benda til mismunar á úthlaups lengd flóða hvort þau eru á fjallasvæði við strönd eða á fjallasvæði inni í landi.

Skv. þessum þumalfingursreglum þeirra NGI manna og hugleiðingum þeim sem settar eru fram hér að ofan er það mat okkar að tillögur þær að hættumatslínu, sem hér eru lagðar fram, ættu að fullnægja skilyrðum gagnvart flóðum með meðalendurkomutíma a.m.k. á bilinu 100 til 300 ár og jafnvel meira. Ef höfð er hliðjón af “Norsku skýrslunni” (heimild 10 í kafla 2) þá mætti álykta að hættumatslína fyrir ofan nýju byggðina lýsi flóðum með mun meiri endurkomutíma og að neðri mörk gula svæðisins lýsi flóðum með allt að 1000 ára meðalendurkomutíma.

### 4.3 AFMÖRKUN HÆTTUSVÆÐA

Línur sem afmarka rauð og gul svæði eru sýndar á teikningum nr. 95.212-1.01 og -1.02. Skriðmörk þeirra ferla sem ekki fara út í sjó eru sýnd á teikningu nr. . 95.212-1.02. Á þessu stigi er lína sem afmarkar rautt svæði fyrir feril 0 og þar fyrir innan sett í sjó fram enda reiknast flóð til að stöðvast á veginum en fyrir neðan hann er landið það bratt að ef flóð fer aðeins lengra þá fer það niður í sjó. Þetta svæði mætti hins vegar endurskoða þegar unnið verður að hættumati lengra inn með firðinum.

Þetta hættumat sem hér hefur verið unnið og gerð er grein fyrir í þessari skýrslu gefur mörk á rauðu svæði mun neðar en gert var í eldra mati. Mismunurinn liggur í nýjum upplýsingum um flóð en eldra mat var unnið út frá eldri reglugerð þar sem kveðið var á um að miða við þekkt flóð. Í þessu nýja mati er einnig komið gult svæði sem ekki var í því eldra sem og að gerð er tilraun til að meta þá áhættu sem flóðmörk samkvæmt þessu hættumati gefa.

Reykjavík, 15. ágúst 1995

F. h. Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen

Flosi Sigurðsson