



# Veðurstofa Íslands Greinargerð

## Rýmingarsvæðavinnuhópur Veðurstofu Íslands og Háskóla Íslands:

Ásdís Auðunsdóttir, Einar Sveinbjörnsson,  
Guðmundur Hafsteinsson, Gunnar Guðni Tómasson, Haraldur Eiríksson, Hörður  
Þórðarson, Jón Gunnar Egilsson, Kristján Jónasson, Magnús Már Magnússon,  
Svanbjörg H. Haraldsdóttir, Tómas Jóhannesson, Trausti Jónsson, Unnur Ólafsdóttir,  
Þorsteinn Sæmundsson

## Rýmingarsvæði vegna snjóflóðahættu

## Inngangur

Samkvæmt breyttum lögum um varnir gegn snjóflóðum og skriðuföllum, sem samþykkt voru á Alþingi í desember 1995, ber Veðurstofu Íslands að gefa út viðvaranir um staðbundna snjóflóðahættu. Skal þá rýma húsnæði á reitum sem tilgreindir eru í viðvörun Veðurstofunnar. Veðurstofan hefur, í samráði við heimamenn, gert sérstök kort af þéttbýlisstöðum landsins þar sem talin er snjóflóðahætta og byggja rýmingaráætlanir staðanna á þessum kortum.

Eftirfarandi greinargerð lýsir rýmingarkortunum og greinir frá því hvernig þau voru unnin í samráði við heimamenn. Kortin eru að mestu leyti byggð á huglægu mati sérfræðinga og heimamanna og höfð hliðsjón af rennslisstigakortum sem unnin voru sérstaklega á reiknifræðistofu Raunvísindastofnunar Háskólans til undirbúnings kortunum.

Reitaskiptingin, sem rýmingarkortin sýna, er fyrirkomulag til bráðabirgða til þess að auka öryggi íbúa á snjóflóðahættusvæðum landsins á meðan verið er að afla fyllri þekkingar, setja reglur um hættumat og notkun þess og reisa varnavirki gegn snjóflóðum. Hún er unnin í allmiklum flýti til þess að til reiðu sé ákveðin áætlun um forða íbúum undan bráðri hættu ef veðurspá eða aðrar aðstæður kalla á rýmingu.

Rýmingarreitaskiptingin er að því leyti frábrugðin hefðbundnu hættumati að ekki er verið að afmarka svæði þar sem hætta á snjóflóðum er yfir tilteknum viðmiðunarmörkum. Svæðaskipting hættumats, sem unnið verður í framtíðinni, mun án efa ekki falla saman við reitaskiptingu rýmingarkortanna. Með rýmingarkortunum og greinargerðum sem þeim fylgja er ekki lagt mat á *áhættu* vegna snjóflóða, heldur er reynt að meta það hversu langt á að ganga í rýmingu *þegar veðurspá eða aðrar aðstæður benda til þess að hætta sé orðin eða muni skapast*. Ekki er lagt beint mat á það hversu oft hætta kunni að skapast. Ekki er heldur kveðið upp úr um það að hætta á snjóflóðum sé engin eða óveruleg á ákveðnum svæðum þó snjósöfnunaraðstæður séu þannig að sjaldan festi snjó í hlífðinni ofan svæðanna. Gefin er stutt umsögn um snjósöfnunarmöguleika og varhugaverða vindstefnu fyrir öll svæði í viðkomandi bæjarfélögum jafnvel þó talið sé mjög ólíklegt að hættuleg snjósöfnun verði þar miðað við veðurfar og yfirsýn staðkunnugra. Þetta er gert til þess að menn geti verið á varðbergi gagnvart slíkum kringumstæðum þó þær séu taldar ólíklegar.

Sökum þess að rýmingaráætlanirnar fela ekki í sér snjóflóðahættumat hafa þær ekki áhrif á skipulagningu byggðar, byggingu varnavirkja, kaup eigna eða aðrar slíkar ákvarðanir. Hafa verður í huga að varnavirki, sem vænta má að byggð verði á næstu árum, munu hafa mikil áhrif á snjóflóðahættu og breyta þannig forsendum rýmingaráætlananna. Mjög mikilvægt er að líta á rýmingaráætlanirnar sem bráðabirgðaástand og draga ekki af þeim ályktanir sem þær gefa ekki tilefni til um það hvernig hættumat framtíðarinnar verður.

## Rýmingarreitir

Höfudvandamálið, sem við er að eiga við gerð rýmingaráætlana, er að leggja mat á hvar hætta er á snjósöfnun sem leitt getur til snjóflóða. Einn möguleiki er að gera ráð fyrir að snjóflóð geti fallið úr hvaða fjallshlíð sem er og miða við svipaðar snjósöfnunaraðstæður og í þeim snjóflóðafarvegum þar sem mannskæð flóð féllu á Súðavík og Flateyri á árinu 1995. Ljóst er að rýmingarsvæði verða þá svo stór að ekki er unnt að beita þeim í raun. Slík rýmingarsvæði munu augljóslega ekki auka öryggi íbúa á snjóflóðasvæðum landsins. Það er því nauðsynlegt að meta snjósöfnunaraðstæður strax í upphafi til þess að

velja þau svæði þar sem hættan er talin mest og ákveða síðan með líkanreikningum eða öðrum aðferðum hversu langt niður eftir farvegnum rétt er að rýma.

Snjósöfnunarhættu má í höfuðdráttum meta með tvennum hætti, annars vegar út frá þekktri snjóflóðasögu og hins vegar með huglægu mati og reynslu veðurfræðinga, sérfræðinga og heimamanna. Notast var við báðar aðferðirnar við gerð rýmingarkortanna.

Rýmingarreitum er skipt í þrjá flokka:

- I. Reiti sem miðast við þekkt snjóflóð og hætta getur skapast á við *hóflega snjósöfnun*. Reitirnir ná e.t.v. ekki eins langt niður og snjóflóðasagan greinir ef heimildir eru um að lengri flóð hafi fallið í aftakaveðri, í kjölfar aftakaveðurs eða í tengslum við mikla snjósöfnun. Rýmdir verða reitir í nágrenni helstu snjóflóðafarvega þar sem búast má við snjóflóðum við margvíslegar aðstæður. Reitirnir verða rýmdir mun oftar en reitir á II. og III. stigi.
- II. Reitir sem miðast að mestu við þekkt flóð eins og þau ná lengst og önnur svæði sem talin eru sambærileg. Á þessum reitum skapast hætta við *mikla snjósöfnun* á upptakasvæðum. Ekki verður rýmt nema spáð sé veðri sem reynsla sýnir að hafi mikla snjóflóðahættu í för með sér.
- III. Reitir þar sem mjög stór flóð, svonefnd aftakaflóð, eru hugsanleg við *verstu aðstæður*. Ritaðar heimildir þurfa ekki að geta um snjóflóð á eða í grennd við viðkomandi reit. Reitirnir verða einungis rýmdir þegar ætla má af veðurspá og öðrum vísbendingum að mjög mikill snjór hlaðist upp í aftakaveðri eða við sérlega óhagstæð skilyrði í hlífðinni ofan við reitina. Á III. stigi verða einnig rýmdir reitir þar sem snjóflóðahætta er talin geta skapast við mjög ólíklegar aðstæður þó ekki sé um eiginleg aftakaflóð að ræða. Víðast mun líða áratugur eða meira milli þess sem rýma þarf húsnæði á reitum á III. stigi.

Ef aðrar aðstæður en snjósöfnunin ein, t.d. hættulegur skriðflötur áður en mikil ofan-koma hefst, ráða miklu um snjóflóðahættu þá þarf að taka tillit til fleiri þátta en snjósöfnunarinnar í flokkuninni hér að ofan og fer eftir aðstæðum hvernig það er útfært. Gerð er grein fyrir ákvörðunum þar að lútandi og forsendum þeirra í greinargerð sem fylgir rýmingarkorti hvers staðar.

Með orðalaginu "miðast við" í liðum I og II hér að ofan er átt við svæði þar sem snjóflóð hafa fallið samkvæmt heimildum og önnur svæði þar sem snjósöfnunaraðstæður og fjarlægð frá upptakasvæðum eru sambærilegar skv. huglægu mati.

## Dreifbýli

Rýmingaráætlanir munu í fyrsta áfanga eingöngu ná til þéttbýlisstaða. Rýming á sveitabæjum er skipulögð af almannavarnanefndum viðkomandi sveitafélaga og er eðlilegt að snjóeftirlitsmenn þéttbýlisstaða í nágrenninu séu með í ráði þegar hugað er að henni.

## Aur- og krapaflóð

Aur- og krapaflóð eru oft mjög staðbundin og takmarkast þá við hús undir ákveðnum giljum. Reitaskipting rýmingaráætlunarinnar, sem Veðurstofa Íslands vinnur eftir, er ekki nægilega finskipt til þess að hún nýtist til þess að skipuleggja rýmingu þegar hætta er talin á aur- og/eða krapaflóðum. Í greinargerðum um rýmingarsvæði er tekið sérstaklega

fram ef aur- og/eða krapaflóðahætta er á ákveðnum svæðum. Ef horfur eru á úrhellisrigningu eða asahláku og aðstæður gefa tilefni til þess að óttast aur- og/eða krapaflóð, þurfa almannavarnanefndir staðanna að skipuleggja staðbundna rýmingu ákveðinna húsa sem talin eru í hættu hverju sinni. Að haust-, vetrar- og vorlagi þarf að fylgjast stöðugt með aðstæðum með tilliti til hættu á aur- og krapaflóðum þannig að heimamenn geti brugðist rétt við aðvörðunum Veðurstofunnar um að úrhellisrigning eða asahláka sé í aðsigi.

## Rýming er sjálfsgöð varúðarráðstöfun

Fyrir öryggi íbúanna skiptir það höfuðmáli, þegar talin er hætta á snjóflóðum, að húsnæði sé rýmt í nær öllum tilfellum þó slíkt kosti að fólk verði að rýma hús sín mun oftast en snjóflóð reynast síðan falla. Staðbundnar aðstæður valda því að ekki má búast við að reitir á sama rýmingarstigi verði ævinlega rýmdir samtímis. Misjafnt er eftir reitum hvaða veðurlag, t.d. vindátt skapar snjóflóðahættu. Hvorki er hægt að segja fyrir um með vissu að snjóflóð muni falla á tiltekinn reit né að meta með nákvæmni hversu langt snjóflóð muni falla. Vegna þessarar óvissu er ljóst að í fæstum tilfellum, þegar húsnæði er rýmt, mun til þess koma að snjóflóð falli á reitinn sem rýmdur var.

## Nánar lýsing reitaskiptingarinnar

Með þremur flokkum rýmingarreita er reynt að ná því markmiði að rýmingar séu ekki tíðar (hér hefur "tíðar" merkinguna "margar vikur á hverjum vetri") á svæðum þar sem talið er að flóð geti ekki náð nema við mjög sérstakar aðstæður, en jafnframt að rýmt sé nægilega stórt svæði þegar talin er sérstök hætta á aftakaflóði. Vonir standa til að hægt verði með athugun á veðurgögnum að leggja hlutlægan mælikvarða á þær veðuraðstæður sem leitt geta til aftakaflóða en þangað til verður að mestu leyti að miða við huglægt mat.

Reitir á stigi I má hugsa sér að nái til staða sem eru augljóslega mjög hættulegir, sérstaklega staða þar sem snjóflóð geta fallið án þess að það tengist ákveðnum fyrirboðum í veðri eða öðrum aðstæðum. Á slíkum svæðum er ekki áhorfsmál að rýma hús oft vegna þess að flóð hafa, jafnvel tiltölulega oft, fallið niður undir húsin. Flest húsanna sem hér um ræðir eru væntanlega þegar inni á núgildandi hættusvæðum og ekki líklegt að þegar fram í sækir verði búið í þeim að vetrarlagi (nema til komi einhverjar varnir) vegna óhagræðis sem rýming af þessum toga leiðir óhjákvæmilega til.

Reitir á stigi II eru útvíkkun á reitum I og miðast einnig að mestu við ritaðar heimildir um snjóflóð. Reitirnir ná þó einnig til staða sem virðast sambærilegir hvað snjóöfnun áhrærir við staði sem flóð hafa náð til eins og nefnt er að ofan. Miðað er við að allmikla snjóöfnun þurfi til þess að snjóflóð fari út fyrir reiti I og verða reitir II því ekki rýmdir nema aðstæður séu metnar sambærilegar við þær aðstæður sem leiddu til "meðalstórra" eða "tiltölulega langra" flóða sem snjóflóðasagan greinir frá.

Við ákvörðun neðri marka reita II er tekið tillit til rennslisstiga snjóflóða og að einhverju marki við ákvörðun neðri marka reita I en mörk þessi eru engu að síður að verulegu leyti byggð á huglægu mati. Rennslisstig eru ákveðinn mælikvarði á skriðlengd snjóflóða og eru þau skýrð í stuttu máli hér að neðan og nánar í greinargerð um rennslisstig frá Háskóla Íslands sem vísað er til í tilvitnanalista.

Rýming reita á stigum I og II er ekki nægileg til þess að koma í veg fyrir mannskæð stórslys eins og þau sem nýlega urðu á Súðavík og Flateyri. Til þess þarf að rýma mun stærri svæði. Reitir á stigi III eru taldir hættulegir við sérstök skilyrði vegna óheppilegra snjóöfnunaraðstæðna, og munu þeir oft ná langt út fyrir það svæði þar sem snjóflóð hafa fallið samkvæmt rituðum heimildum. Rýming á þessum reitum er skipulögð þannig að

húð undir ákveðnum farvegum verða rýmd þegar horfur eru á aftakaveðri með mikilli snjósöfnun í upptaksvæðum farveganna. Neðri mörk reita III miðast að mestu við reiknað rennslisstig snjóflóða í viðkomandi farvegi og er nánari skilgreining þess breytileg milli staða og verður e.t.v. breytt eftir því sem reynsla og þekking vex.

## Lóðrétt og lárétt skipting

Við gerð rýmingaráætlunar fyrir ákveðinn stað er staðnum fyrst skipt "lóðrétt" í ákveðna farvegi eða svæði með nokkrum farvegum sem heyra saman m.t.t. snjósöfnunaraðstæðna. Farvegnum er síðan skipt "lárétt" í rýmingarreiti á stigum I, II og III eins og lýst er hér að ofan. Skilin milli farveganna og milli stiga I/II og II/III eru á rýmingarkortunum dregin með ákveðnum línunum og skilgreina línurnar mörk reita sem rýmdir verða í einu þegar rýming á staðnum kemur til framkvæmda. Það fer eftir aðstæðum hvort ástæða er til að skilgreina reiti á stigum I, II og III í ákveðnum farvegi eða hvort einungis sum stiganna eru notuð. Oft er rýmingarreitum á stigi III sleppt, t.d. undir lágum hlíðum sem snúa þannig við snjósöfnun að hætta á aftakaflóðum er talin hverfandi. Reitirnir eru merktir bókstöfum A, B, C, ... og rýming tilkynnt með tilvísun til þessara bókstafa.

Byggt neðan neðri marka neðstu rýmingarreitanna er einnig skipt í hæfilega stóra reiti sem fólki er deilt niður á við rýmingu. Þannig nær reitaskiptingin til alls þéttbýlis í bæjarfélaginu.

## Rennslisstig og alfa/beta-líkan

Rennslisstig er mælikvarði sem nýtist við að bera saman mögulega skriðlengd snjóflóða í mismunandi farvegum. Sé rennslisstig tveggja staða undir tveimur mismunandi snjóflóðabrekkum það sama felur það í sér að þær aðstæður sem orsakað gætu að snjóflóð nær að falla að öðrum staðnum gætu einnig valdið því að það nær að hinum staðnum. Þessar aðstæður eru meðal annars þykkt snjóflóðsins í upptökum og viðnámið í brekkunni á leiðinni niður.

Rétt er að undirstrika að með þessu er ekki sagt að hættan við að búa á tveimur stöðum með sama rennslisstig sé sú sama. Ástæðan er sú að í rennslistiginu felast engar upplýsingar um tíðni þess að snjóflóð falli í tilteknum farvegi né tíðni þess að tiltekin skilyrði um snjóþykkt og viðnám skapist. Rennslisstig staðar er aðeins mælikvarði á hversu óvenjulegar þessar aðstæður þurfi að vera til þess að snjóflóð sem leggur af stað efst í farvegi nái að falla að staðnum.

Á þessu er þó sá fyrirvari að rennslisstigin eru fundin með reiknilíkani sem byggir á mjög einfaldari mynd af eðlisfræðilegri hegðun snjóflóðs. Með því að huga nánar að aðstæðum á hverjum stað og því hvernig fyrri snjóflóð hafa hagað sér má oft fylla upp í þá mynd sem slíkt reiknilíkan endurspeglar. Ef vitað er um fá eða engin snjóflóð sem hafa fallið á gefinn stað vegna þess að það gerist aðeins við sjaldgæf veðurfarleg skilyrði er erfðara að réttlæta annað en að staðir með sama rennslisstig séu lagðir að jöfnu þegar taka þarf afstöðu til rýmingar. Þetta gæti bæði átt við staði sem eru langt frá brekkunni og brekkur þar sem mjög sjaldan falla snjóflóð.

Rennslistigsgildið er tala á bilinu 10 til 20. Það gefur til kynna hver lárétt skriðlengd snjóflóðs í tiltekinni viðmiðunarbreyttu mundi verða samkvæmt reiknilíkani við ákveðnar aðstæður. Skriðlengdin er mæld í hundruðum metra þannig að flóð sem fellur 1400 metra í viðmiðunarbreyttunni hefur rennslisstig 14. Rennslisstigin eru kvörðuð þannig að meðalrennslisstig snjóflóða í gagnasafni um löng íslensk snjóflóð er nærri 14. Nánari

lýsingu á rennslisstigum er að finna í greinargerð sem Erlendur Smári Þorsteinsson o.fl. (1996) hafa ritað.

Önnur og að sumu leyti hliðstæð aðferð til þess að meta hámarksskriðlengd snjóflóða er svokallað alfa/beta-líkan, sem lýsir sambandi milli úthlaupshorns snjóflóðs, alfa, og halla fallbrautar, beta, (Lied og Bakkehøi, 1980; Tómas Jóhannesson o.fl., 1996).

Við ákvörðun neðri marka rýmingarreita á stigi III eru notaðar eftirfarandi viðmiðunarreglur. Við aðstæður/farvegi, sem eru hugsanlega sambærilegar við farvegi langra íslenskra og norskra flóða, í þeim skilningi að ekkert bendir til annars en að meta eigi 50-300 ára snjóflóð með dreifingu langra flóða um alfa/beta línuna eða um rennslisstig 14, þar að miða neðri mörk reita III við rennslisstig 17-18. Hliðstætt viðmið í alfa/beta staðalfrávikum er rúmlega 1.5 til 2 staðalfrávik (hér er notað alfa/beta-líkanið sem lýst er af Tómasi Jóhannessyni o.fl. (1996)). Þetta svarar til þess að 2-5% flóðanna í gagnasöfnum um löng íslensk og norsk snjóflóð fari lengra en hér er miðað við.

Þar sem tíðni flóða er mun minni en þetta, t.d. ef flóð virðast ekki falla niður undir rennslisstig 11-12 eða að stað 1-2 staðalfrávikum ofan við alfa/beta línuna nema á tímaskalanum einni öld eða svo, þá miðast neðri mörk reita III við rennslisstig rúmlega 15.5 til 16. Hliðstætt viðmið í alfa/beta staðalfrávikum er rúmlega 0.5 til 1 staðalfrávik. Þetta svara til að 15-20% löngu flóðanna fari lengra en hér er miðað við.

## Rýmingarkort

Rýmingarkort eru í mælikvarðanum 1:7500 og sýna reitaskiptingu rýmingaráætlunarinnar eins og henni er lýst er hér að ofan. "Lóðréttu" skilin milli farvega og "láréttu" skilin milli rýmingarreita I/II og II/III eru dregin með heilum línunum en skilin milli reita II/III eru dregin með slitnum línunum. Skil milli reita sem ekki eru á stigi I, II eða III eru einnig dregin með slitnum línunum en með heldur styttri strikum. Hver reitur er auðkenndur með bókstaf og hver lárétt markalína með "I", "II", eða "III".

Auk reitaskiptingarinnar sjálfrar sýna rýmingarkortin nokkur valin snjóflóð úr snjóflóðasögu staðarins.

Rennslisstig fyrir nokkrar hlíðar á hverjum stað eru einnig sýnd á rýmingarkortunum. Rennslisstigin eru sýnd með stuttum punktalínunum sem við standa rennslisstigin 14, 15, 16, 17, 18, o.s.frv. Á sama stað á kortinu er einnig sýnt alfa/beta líkan fyrir viðkomandi hlíð. Hringur sýnir alfa-punktinn, táknið "<" og ">" sýna eitt staðalfrávik upp og niður frá alfa-punktinum og fylltar örvar sýna tvö staðalfrávik.

Hverju korti fylgir greinargerð þar sem gefin er stutt umsögn um snjósöfnunaraðstæður og veðurlag sem veldur snjósöfnun í upptakasvæðum snjóflóðafarvega á viðkomandi stað.

## Gerð rýmingarkorta

Náið samráð er haft við heimamenn við gerð rýmingarkorta þannig að kortin séu sameiginlegur grundvöllur að áætlun heimamanna og Veðurstofunnar um viðbrögð við yfirvofandi snjóflóðahættu.

Kortin eru unnin þannig að þrír eða fleiri sérfræðingar frá Veðurstofu Íslands og Háskóla Íslands heimsækja viðkomandi stað. Þar halda þeir fund með bæjarstjóra, snjóeftirlitsmanni, sýslumanni eða fulltrúa almannavarnanefndar staðarins og e.t.v. fjórða manni sem talinn er hafa sérsaka þekkingu á snjóflóðasögu og/eða snjósöfnunaraðstæðum. Á þessum fundi eru upptakasvæði snjóflóða og viðhorf þeirra gagnvart snjósöfnun skilgreind og lagt mat á veðuraðstæður, einkum vindátt, sem leitt geta til

hættu á snjóflóðum þaðan. Jafnframt er staðnum skipt upp í farvegi sem flóð frá upp-takasvæðunum geta náð til.

Sérfræðingarnir eru einn starfsmaður frá Veðurstofu Íslands eða Háskóla Íslands sem unnið hefur við líkanreikninga á skriðlengd snjóflóða, einn starfsmaður snjóflóðadeildar Veðurstofunnar sem hefur haft með snjóflóðasögu viðkomandi staðar að gera eða er kunnugur henni og veðurfræðingur sem er tekur þátt í umræðum um veðurlag, vindstefnu, snjósöfnun o.fl.

Sérfræðingarnir skrifa greinargerð um snjóflóðaaðstæður staðarins þegar heim kemur eftir fundinn og senda hana ásamt drögum að rýmingarkorti til umsagnar til þeirra heimamanna sem fundinn sátu. Á þessu stigi eru hugmyndirnar um rýmingaráætlunina kynntar almannavarnanefnd, bæjarstjórn og öðrum sem að málinu koma. Endanleg útgáfa greinargerðarinnar og kortsins er gefin út þegar heimamenn hafa komið athugasemdum sínum á framfæri.

## Samantekt

Rýmingaráætlun fyrir bæjarfélag felst þannig í fyrsta lagi í *reitaskiptu rýmingarkorti*, í öðru lagi *greinargerð Veðurstofu Íslands um snjóflóðaaðstæður* og síðast en ekki síst *áætlun almannavarnanefndar* staðarins um það hvernig staðið er að rýmingu þegar tilkynning um slíkt berst frá Veðurstofunni. Áætlun þessa vinna almannavarnanefndir staðanna í samráði við Almannavarnir ríkisins á grundvelli rýmingarkortanna.

## Tilvitnanir

Erlendur Smári Þorsteinsson, Gunnar G. Tómasson, Kristín Friðgeirsdóttir, Kristján

Jónasson og Sven Þ. Sigurðsson. 1996. Bráðabirgðarennslisstig. Greinargerð um útreikning rennslisstiga og gerð rennslisstigakorta. Raunvísindastofnun Háskólans, Reikni-fræðistofa.

Jón Gunnar Egilsson, Magnús Már Magnússon og Tómas Jóhannesson. 1996.

Bráðabirgðarýmingarsvæði vegna snjóflóðahættu. Veðurstofa Íslands, Greinargerð VÍ-96001-ÚR01.

Lied, K. and S. Bakkehøi. 1980. Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographical parameters. *Journal of Glaciology*, 26(94), 165-177.

Tómas Jóhannesson, Kristján Jónasson and Kristín Friðgeirsdóttir. 1996. A topographic model for Icelandic avalanches. Veðurstofa Íslands, Greinargerð VÍ-96003-ÚR03.