

Trausti Jónsson

Hættumat og hlutverk Veðurstofunnar í ljósi hættumatsramma Alþjóðaveðurfræðistofnunarinnar

Hættumat og hlutverk Veðurstofunnar

í ljósi hættumatsramma Alþjóðaveðurfræðistofnunarinnar

Inngangur

Hér er fjallað um hlutverk Veðurstofu Íslands í hættumati. Fyrst er í mjög stuttu máli fjallað um stöðu hættumats meðal annarra verkefna Veðurstofunnar. Síðan er almennt yfirlit um hættumat og aðkomu Alþjóðaveðurfræðistofnunarinnar að slíkum málum og lítið á rammalíkan sem stofnunin hefur kynnt. Framkvæmd snjóflóðahættumats hér á landi er rædd með hliðsjón af áður nefndu rammalíkani og tæpt er á hugsanlegu almennu framtíðarhlutverki Veðurstofunnar varðandi hættumat.

Upplýsinga- eða umsýsluþjónusta?

Almenningur þarf nánast daglega að horfast í augu við nýjar fréttir af áhættu og áhættuþáttum. Hættan telst ýmist af náttúrulegum toga eða hún á sér uppruna í mannlegum samfélagsháttum. Algengastar eru fréttir af meintri hættu sem stafar af neyslu (eða ofneyslu) matvæla, umgengni við alls konar framleiðsluvörur, hreyfingu og félagslega hegðan, hryðjuverkastarfsemi o.s.frv. Oft berast einnig fréttir af náttúrufrýrbrigðum og breytingum á þeim sem valdið geta hættu. Nefna má aukin gróðurhúsaáhrif, ósoneyðingu, hækkun sjávarborðs, minnkun líffræðilegs fjölbreytileika o.s.frv. Skortur á almennum viðmiðum er sérstaklega áberandi í bæði fréttáflutningi og umræðum. Gagnvart flestum meintum hættuþáttum er skortur á viðmiðum ekki endilega alvarlegur þó sú sé hins vegar sannarlega raunin í einstökum tilvikum. Umræður um hættu af völdum náttúruafars verða t.d. ekki vitlegar ef viðmið vantar og valda oft ástæðulitlum ótta og jafnvel verulegum kostnaði.

Veðurstofan og systurstofnanir hennar á Norðurlöndum og víðar hafa á seinni árum tengst áhættuumræðu nánar en áður og full ástæða er til að gefa henni gaum á skipulegri hátt en verið hefur. Eins og nánar er rakið síðar hefur vinna að snjóflóðamálum á Veðurstofunni og þar með hættumat tengt þeim komið inn á flesta meginþætti í starfi stofnunarinnar. Veðurstofan hefur þannig komið að málum sem (1) þjónustuaðili (hrein upplýsingamiðlun), (2) sérfræðiráðgjafi, (3) umsjónar- og stýriaðili á fagsviði stofnunarinnar fyrir hönd æðri stjórnvalda og (4) stundað vísindarannsóknir. Þetta fjórfalda hlutverk gagnvart stjórnvöldum er að sjálfsgöðu ekki einskorðað við snjóflóð eða „áhættugeirann“, heldur gegnsýrir í vaxandi mæli alla starfsemi stofnunarinnar.

Alþjóðaáttak gegn afleiðingum náttúruhamfara

Árið 1987 lýsti aðalþing Sameinuðu Þjóðanna yfir því að áratugurinn 1990 til 1999 yrði helgaður baráttunni við óblíð náttúruöfl („International Decade for Natural Disaster Reduction“) þar sem leitað yrði leiða til að draga úr tjóni af völdum náttúruhamfara. Alþjóðaveðurfræðistofnunin (WMO) var frá upphafi í forystu í skipulagi og framkvæmd verkefnisins og skilgreindi þá m.a. hlutverkefni sem hlaut nafnið „heildstætt hættumat“ („A comprehensive approach to risk assessment“). Meginmarkmið þess var að auka skilvirkni aðgerða gegn manntjóni og efnahagslegum skaða af völdum náttúruhamfara (sjá WMO, 1999, bls.1)). Niðurstöður verkefnisins komu fram í skýrslu, „Comprehensive Risk Assessment for Natural Hazards“ (WMO/TD No.: 955, 1999).

Snjóflóðin hér á landi 1994 og 1995 ollu stórkostlegu mann- og eignatjóni. Þetta varð til þess að öll snjóflóðamál og þar með hættumat tengt þeim voru tekin til endurskoðunar frá grunni. Sömuleiðis var ákveðið að verja umtalsverðum fjármunum til rannsókna, viðvarana og varnarvirkjaframkvæmda. Umhverfisráðuneytinu var falin ábyrgð á málaflokknum og hlutverk Veðurstofunnar aukið verulega. Þó segja megi að árangur sjö ára vinnu sé að flestu leyti ágætur hefur leiðin verið hvorki auðveld né átakalaus fyrir stofnunina. Fljótlega kom í ljós að sú nálgun sem farin var í hættumatinu féll mjög vel að áhættumati sem tengdist stöðu

Reykjavíkurlflugvallar. Þegar skýrsla Alþjóðaveðurfræðistofnunarinnar kom út var einnig mjög greinilegt að „*huglíkan*“ það (concept model, concept frame) sem þar var fram sett fellur furðuvel að þeirri málaskipan sem snjóflóðahættumatíð hefur verið í. Þess er því að vænta að svipaða skipan megi hafa á hættumati gagnvart annarri náttúruvá.

Heildarleið að hættumati

Á alþjóðavísu hefur hættumat hingað til verið að allmiklu leyti í höndum tryggingafélaga eða í nánnum tengslum við þau. Í sumum tilvikum hafa sérfræðihópar á vegum stjórnvalda tekið að sér hættumat, einkum á sviði iðnaðarógnna. Samsetning þessara hópa hefur verið mjög háð því hvers eðlis viðfangið hefur verið í hverju tilviki og því hefur viljað skorta á samræmd áhættuviðmið. Hér á landi hefur lítið verið unnið í heildstæðu hættumati. Snjóflóðin eru þó undantekning og svipað á við um hættumat sem gert var fyrir Reykjavíkurlflugvöll fyrir nokkrum árum og minnst var á að ofan. Hér á landi hafa *endurkomutímar* verið reiknaðir fyrir ýmis konar náttúruáföll svo sem ofsaveður, úrkomu, snjódýpt, flóð, eldgos og jarðskjálfta. Einnig hefur verið unnið gagnlegt starf við *hættugreiningu* (hazard inventory, hazard identification) sem kalla má svo (sjá t.d. Náttúruvá, 1996). Almannavarnir ríkisins hafa þaulskipulagt aðgerðir gegn skyndivá og nýlega kom út skýrsla um almannavarnaviðbúnað á höfuðborgarsvæðinu. Rannsóknastofa í jarðskjálftaverkfræði er komin allvel áleiðis með þá mikilvægu vinnu er lýtur að greiningu á *tjónnæmi* (vulnerability, vulnerability profile) íslenskra bygginga. Veðurstofan hefur í sumum tilvikum komið nálægt endurkomutíma-greiningu og hefur verið ráðgefandi í ákvörðun byggingastaðla varðandi vind, snjó, ísingu og aftakaúrkomu. Einnig hefur hún komið nærri öllum þáttum hættugreiningar. Veðurstofan hafði hins vegar ekki fyrr en með snjóflóðamálunum tekið að sér hættumat á heildstæðan hátt.

Ritum um heildstætt hættumat fer fjölgandi og þekking á þessu sviði tekur sífelldum framförum. Nokkur huglíkón (concept framework) hafa komið fram, nokkuð jafngild. Kostur huglíkana af þessu tagi fellst einkum í því að þau tengja á einfaldan hátt saman þætti heildarhættumatsins. Hér að neðan verður líkani Alþjóðaveðurfræðistofnunarinnar eins og það birtist í áður nefndri skýrslu lýst nánar, en taka ber fram að það er ekki endilega „réttara“ en önnur hliðstæð líkón. Sums staðar er heldur meiri áhersla lögð á félagslegan þátt hættumats eða það sem kallað má *áhættuviðhorf* (risk perception) en það líkan sem hér er fjallað um gerir.

Mikilvæg hugtök

Hugtökin áhætta, hætta, ógn, hættumat, áhættumat og fleiri ámóta hafa ekki fasta, eindregna merkingu í íslensku. Þetta á raunar einnig við um samsvarandi ensk orð t.d. „hazard“ og „risk“¹. Þessi ruglingur hefur gert umræðu tengda hættumati ómarkvissari en ella hefði orðið, en því miður er ólíklegt að endanlegt samkomulag verði nokkurn tíma um skilgreiningar sem allir geta sætt sig við. Ástæðan er fyrst og fremst sú að tæknileg umfjöllun um hættumat liggur utan allrar daglegrar umræðu nema þá hjá fáeinum sérfræðingum sem þar að auki vita varla hver af öðrum. Skortur er því oft á því sem kalla má „lárétt“ upplýsingaflæði sem myndi stuðla að staðlaðri hugtakanotkun.

Í margnefndri skýrslu Alþjóðaveðurfræðistofnunarinnar eru þrjú grunnhugtök fastskilgreind. Þetta eru ensku hugtökin sem áður var á minnst, „*hazard*“ og „*risk*“ auk hugtaks sem nefnt er „*vulnerability*“. Á íslensku er eðlilegt að orðið „*áhætta*“ sé þýðing á „*risk*“. „*Hazard*“ hefur verið þýtt sem „*hætta*“ eða „*ógn*“ hvoru tveggja ágæt orð en „*vá*“ er yfirvofandi hætta. Sökum ruglings er venjulega ekki heppilegt að gera mikinn mun á orðunum „*hætta*“ og „*áhætta*“ í umræðu, þó óneitanlega sé grunnmerking ekki alveg sú sama. Orðið „*vulnerability*“ skortir enn viðeigandi þýðingu á íslensku, en það er eins og fram kemur í skilgreiningu hér að neðan

¹ Þess má geta að í nafni „náttúruhamfaraáratugar“ 50 átti upphaflega að standa „natural hazard reduction“ en hazard var skipt út fyrir „disaster“ vegna þess að menn greindi nokkuð á um merkingu fyrrnefnda orðsins.

Það tjón sem getur orðið af völdum ógnar, vegna eðlis þeirra hluta (viðfanga) sem skaddast. Til bráðabirgða má stinga upp á orðinu „tjónnæmi“ og það notað hér.

Skilgreiningar Alþjóðaveðurfræðistofnunarinnar²:

Hætta (hazard):

- Ógnandi atburður (almennt hugtak)
- Líkur á því náttúruhamfarir³ eða atburður sem getur valdið tjón eigi sér stað innan tiltekins tíma og á tilteknu svæði.

Tjónnæmi (vulnerability) :

Tjónhlutfall (mælt í prósentum, frá 0 til 100%) sem yrði ef náttúruhamfarir eða atburður sem getur valdið tjóni eiga sér stað. Tjónið getur verið: a) manntjón, b) slys, c) eignatjón d) samfélagslegs eðlis.

Áhætta (risk):

Það tjón sem ákveðin ógn veldur á ákveðnu svæði yfir ákveðið viðmiðunartímabil. Sé áhætta sett fram á stærðfræðilegan hátt er hún margfeldi ógnar og tjónnæmi.

Norrænu veðurstofurnar koma allar að hættumati í viðum skilningi. Þær fjalla allar um veðurtengdar ógnir, þá fyrst og fremst með útgáfu aðvaranana og þær hafa allar víðtæka reynslu af endurkomutímagreiningu. Vatnaógnir af ýmsu tagi, t.d. árflóð og sjávarflóð, hafa komið til umfjöllunar á veðurstofunum, sömuleiðis er mat á skógar- og sinueldum víða alllangt komið. Finnsla veðurstofan hefur komið nærri hættumati vegna kjarnorkuóhappa og Veðurstofa Íslands að jarðskjálftum auk ofanflóða.

Lítum á mynd 1 (á næstu síðu). Algengustu viðföng veðurstofa innan hættumatsferlisins eru þau sem talin eru upp í sporbaugsfletinum á myndinni auk þeirra sem talin eru í réttthyrningnum næst honum. Hér með talið eru mælingar og aðrar athuganir, gagnavinnsla og vistun ásamt aftaka- og endurkomutímagreiningu. Gagnvart margs konar ógnum eiga veðurstofur einnig aðkomu að þeim þáttum sem getið er í réttthyrningnum í neðstu línu og merktur er viðbrögðum. Hér er átt við aðvaranir af ýmsum toga, hættubodagerð og rekstur, sem og beinar spár. Afskipti veðurstofa af ákvörðunum um landnotkun (hættusvæði), byggingastaðla (styrkur til að þola álag náttúruaflla) auk hönnunar varnarvirkja hafa verið sáralítill. Sama má segja um ákvörðun áhættuviðmiða (sjá að neðan).

Hættumatsferli Alþjóðaveðurfræðistofnunarinnar sem sjá má á mynd 1 hefur furðuvíða skírskotun, hvort sem um er að ræða ógn af náttúrulegum ástæðum eða af manna völdum (eða sambland beggja). Það er ljóst að ógn án tjónnæmis felur ekki í sér neina áhættu. Flestum ógnum fylgir þó eitthvað tjónnæmi, langoftast er það lítið eða hverfandi á mælikvarða samfélagsins, þegar aðeins er um minniháttar efnisleg verðmæti að ræða. Tjón einstaklinga er þá bætt með hefðbundnum tryggingum En hvers eðlis sem hættan er verða svonefnd *áhættuviðmið* („acceptance level“) að fylgja hættumati til að hægt sé að greina hvort aðgerða er þörf og hvaða kostnaður má vera þeim samfara.. Ákvörðun viðmiðs er í höndum stjórnálaganna, þó sérfræðingar séu í ráðgjafarhlutverki. Viðmiðin eru mismunandi eftir

² Ensk útgáfa skilgreininganna:

Hazard: a) A threatening event (general term)

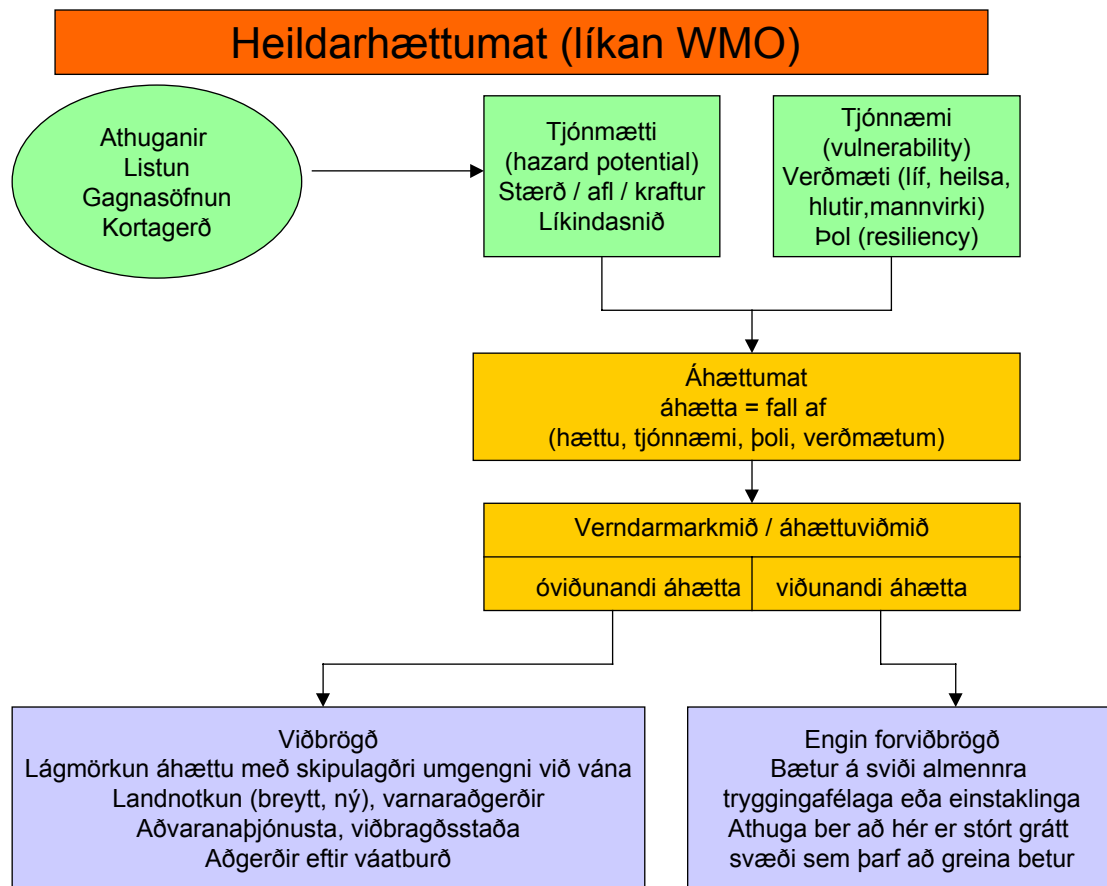
b) The probability of the occurrence of a potentially damaging phenomenon within a given time period and area.

Vulnerability: The degree of loss (from 0 to 100%) resulting from a potentially damaging phenomenon. The losses may include: a) lives lost, b) person injuries, c) property damage, d) infrastructure damage and disruption of economic activity.

Risk: The expected loss (all sectors), due to a particular hazard for a given area and reference period. Risk is in mathematical terms the product of hazard and vulnerability.

³ Rétt er að benda á að þó orðið „náttúruhamfarir“ merki fremur stórbrotna atburði en smáa nær skilgreiningin einnig yfir smærri atvik sem geta valdið tjóni.

Því hvort um líf og limi er að ræða eða aðeins efnisleg verðmæti. Sömuleiðis er venjulega allmikill munur á viðmiðum eftir því hvort áhættan er tekin af fúsum og frjálsum vilja (t.d. klettlaklifur eða reykingar) eða ekki (náttúruhamfarir sem ógna íbúðarbyggð). Venjulegt er að telja að sé áhætta minni en sú sem sífellt er verið að taka í daglegu lífi sé ekki þörf neinna sérstakra aðgerða. Slík (lág) áhætta er þá kölluð viðunandi. *Það er algjört grundvallaratriði að hættumat verður að byggja á ákveðnum áhættuviðmiðum.*



Mynd 1. Almenn hættumatsferli (huglíkan/rammi) Alþjóðaveðurfræðistofnunarinnar (WMO, 1999)

Ekki þarf að fara um það mörgum orðum að Íslendingar búa við margskonar náttúruógnir, bæði af skyndilegum sem og langvinnum toga. Flestum mun í fersku minni það tjón sem náttúruhamfarir ollu á síðustu árum tuttugustu aldar. Stærstu atburðirnir og tjón í þeim eru tíundaðir í töflu sem fengin er úr grein Tómasar Jóhannessonar (2001). Veðurstofa Íslands hafði einhverja aðkomu að þessum atburðum flestum, ýmist til viðvörðunar eða til margs konar greiningar eftir á. Snjóflóðin eru þó alveg í sérflokki hvað aðkomu Veðurstofunnar varðar.

Veðurstofan og snjóflóðahætta

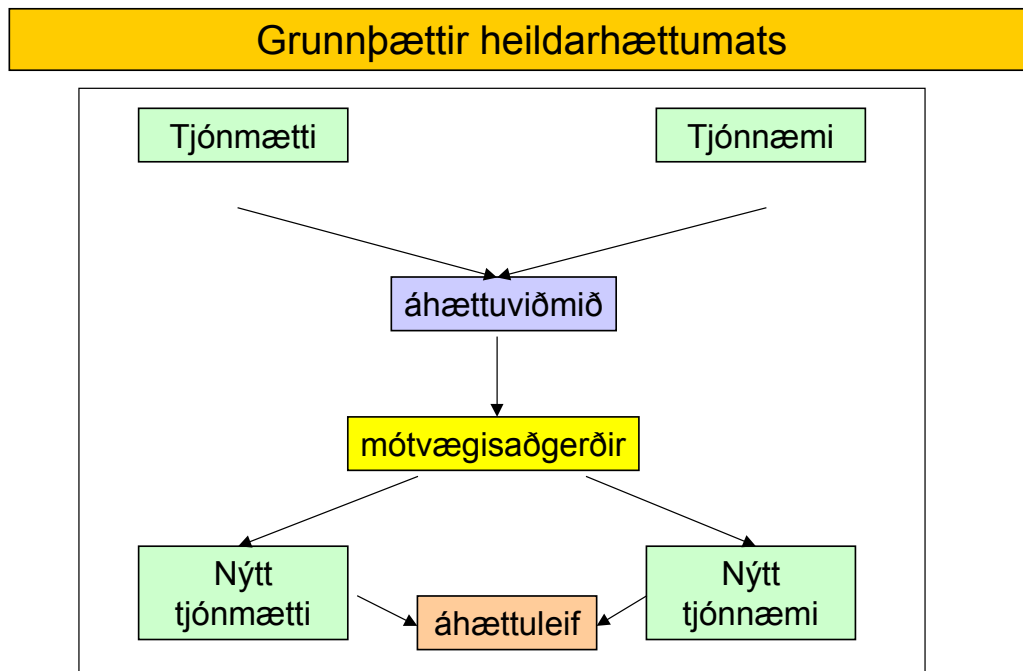
Það er að flestu leyti eðlilegt að Veðurstofan skuli hafa fengið í hendur jafnvíðtækt hlutverk og raun ber vitni í snjóflóðamálum. Með lögum og síðar reglugerð var henni fengið umfangsmikið ráðgjafar- og eftirlitshlutverk í endurmati á nær öllum þáttum snjóflóðamála, þar með hættumati. Nokkur reynsla af snjóflóðasýslan var þá þegar fyrir hendi á stofnuninni, hún hefur síðan 1920 safnað upplýsingum um veðurfar á landinu, auk hinnar reglubundnu veðurspágerðar. Á stofnuninni var fyrir 1994 rekin lítil snjóflóðadeild með tveimur starfsmönnum. Við skipulagsbreytingar sem gerðar voru það ár var deildin sameinuð nokkrum öðrum deildum sem eftir sameiningu nefndust Úrvinnslu- og rannsóknasvið. Starfsmenn snjóflóðadeildarinnar höfðu þegar þekkingu á snjó, snjóflóðaathugunum og gerð snjóflóðaspáa.

Tafla

Beint efnislegt tjón í stærstu náttúruhamförum tímabilsins 1990 til 2000 (verðlag í sept. 2001), ásamt tveimur fyrri atburðum. (Úr grein Tómasar Jóhannessonar, 2001, tafla lítillaga einfölduð).

Hvenær	Hvar	Hvað	Tjón (millj.kr)	% vergrar þjóðarframleiðslu
1973	Vestmannaeyjar	eldgos	≈18000	60‰
20.12.1974	Neskaupstaður	snjóflóð	≈1100	3–4‰
09.01.1990	S- og V-ströndin	sjávarflóð	250	<1‰
03.02.1991	Mestallt land	illviðri	1550	3‰
15.01.1995	Súðavík	snjóflóð	665	1–2‰
26.10.1995	Flateyri	snjóflóð	815	1–2‰
06.11.1996	Skeiðarársandur	jökulhlaup	1130	2‰
17.06.2000, 21.06.2000	Suðurland	jarðskjálftar	2200	3‰
Alls 1990 til 2000			6610	

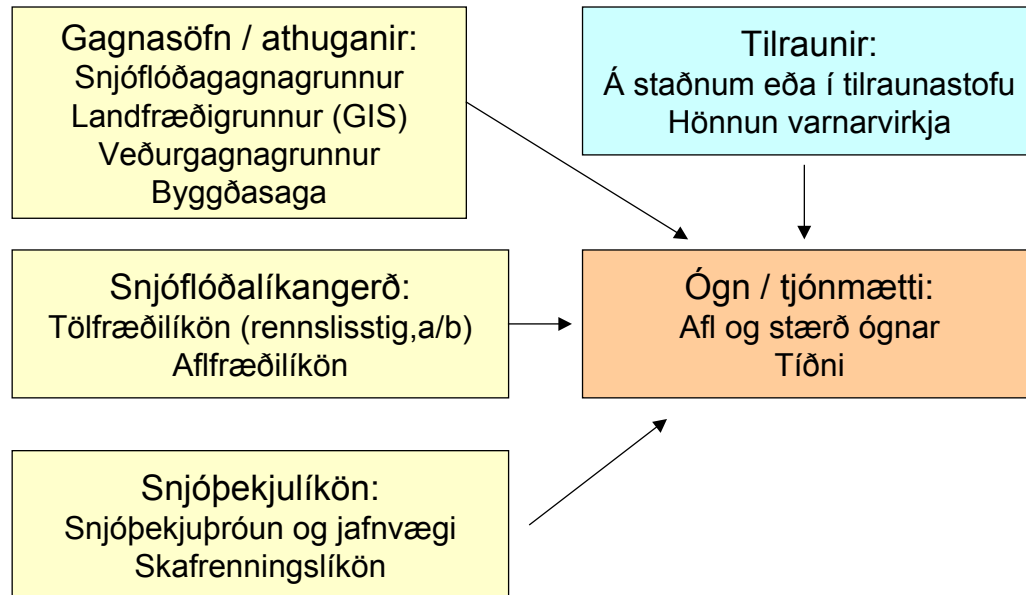
Snjóflóðin miklu á Súðavík og Flateyri færðu mönnum sanninn um nauðsyn algjörar endurskoðunar snjóflóðamála í landinu. Slysinn voru sérlega alvarleg vegna þess að þau áttu sér stað inni á heimilum fólks þar sem öryggi ætti að vera mjög mikið. Hér er fjallað um þær ráðstafanir sem gerðar voru í kjölfar slysanna og stöðuna nú, um sjö árum síðar. Ekki verður fjallað um atburði og aðgerðir í rétttri tímaröð heldur miðar umfjöllunin við að skýra betur þann líkanramma sem settur var fram í tækniskýrslu Alþjóðaveðurfræðistofnunarinnar frá 1999 og áður var getið (WMO/TD No. 955). Geta verður þess að íslensku aðgerðirnar voru *ekki* fyrirfram byggðar á þessum líkanramma og í sumum tilvikum er munur á líkani og raunveruleika. Það kemur hins vegar á óvart hversu vel snjóflóðamálin falla að rammanum og vitnar um mikla almenna skírskotun hans.



Mynd 2

Grunnferli heildarhættumats (líkan Alþjóðaveðurfræðistofnunarinnar einfaldað). Takið eftir því að ferlið er ítrekanlegt ef (a) áhættuleifin er meiri en samræmist áhættuviðmiðum, b) áhættuviðmið

breytast eða c) tjónnæmið eða tjónmættið breytast í tíma. Venjulega breyta mótvægisáðgerðir tjónnæminu fremur en ógninni sjálfri.



Mynd 3. Grunnögn og líkön

Gögn, líkön og tilraunir

Gagnasöfn (inventory) / *athuganir* (observations): Komið hefur verið upp snjóflóðagagnagrunni. Hann veitir greiðan aðgang að upplýsingum um meir en 1000 snjóflóð, þar með staðsetningu þeirra. Landupplýsingagrunnur Veðurstofunnar (GIS-gagnagrunnur) inniheldur nú stafræn háupplausnarkort af helstu snjóflóðabæjum landsins ásamt upplýsingum um snjóflóðabrautir, hættusvæðaskiptingu ofl. Stór veðurgagnagrunnur inniheldur öll íslensk veðurskeyti frá og með 1949 og í nokkrum tilvikum enn lengra aftur. Tekin hefur verið saman byggðasaga þeirra þéttbýlisstaða þar sem snjóflóð eru tíð. Hún er mikilvæg ef meta á áreiðanleika snjóflóðasögunnar þar sem snjóflóð án skaða á mannvirkjum hafa sjaldnast verið skráð.

Snjóflóðalíkön: Hér er bæði átt við svokölluð tölfræðileg líkön sem og aflfræðileg. Af tölfræðilíkönunum eru það einkum tvö sem hafa verið reynd og notuð. (1) Svokallað α/β -líkan sem upphaflega var þróað af NGI í Noregi (einfalt en árangursríkt landfræðilíkan), en aðlagð að íslenskum aðstæðum og (2) íslenska rennslisstigalíkanið svokallaða. Það er tiltölulega flókið tölfræðilíkan sem að hluta til er byggt á tölulegri greiningu á lengd snjóflóða en nokkuð tillit hefur verið tekið til eðlisfræðilegra þátta. Að auki eru bæði einvíð og tvívíð aflfræðilíkön notuð í hættumati. Tvívíða líkanið sem hér er nú notað reglulega er austurrískt að uppruna. Tvívíð líkön taka tillit til lögunar brekku, bæði í stefnu niður hliðina og til hliðar. Í einvíðum líkönunum er einungis á grófan hátt hægt að taka tillit til þrengingar í braut eða þess hvort hlið er kúpt eða ekki.

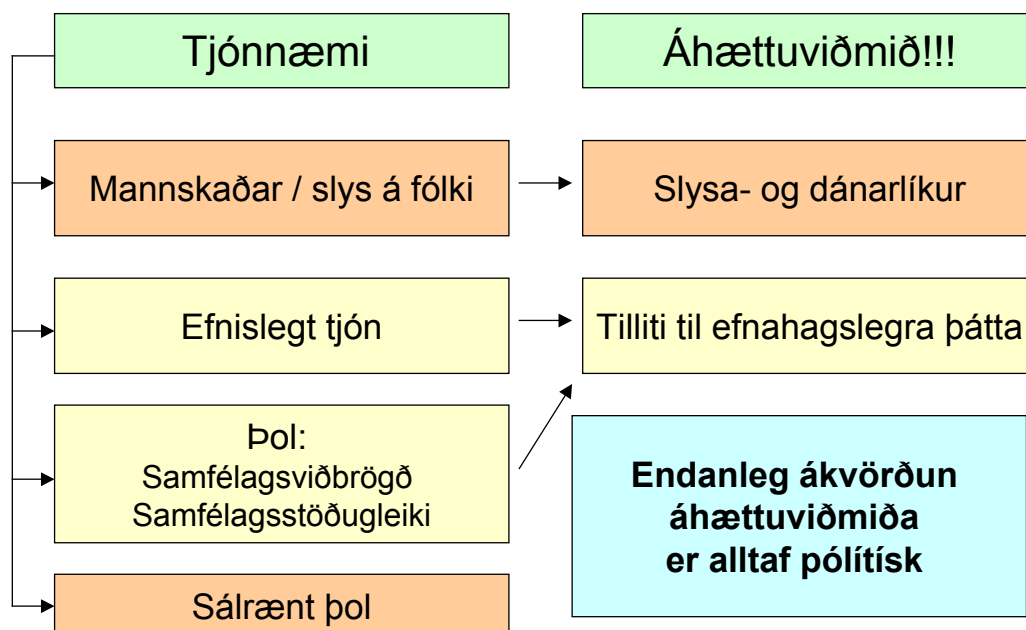
Snjóþekjulíkön: Gerðar hafa verið tilraunir með notkun á frönsku snjóþekjulíkanahneppi. Líkönin segja fyrir um þróun í lagskiptingu snjóþekju. Spáð er fyrir um ákomu með aðstoð reglubundinna úrkomu-, hita- og vindspáa frá Reiknimiðstöð Evrópuveðurstofa (ECMWF) sem hafa verið aðlagðar íslenskum aðstæðum. Megintilgangur verkefnisins er fremur sá að bæta snjóflóðaspár þannig að rýmingar verði markvissari heldur en að niðurstöður séu notaðar beint í eiginlegu hættumati.

Tilraunir með hönnun varnarvirkja: Umfangsmikil tilraun var gerð ofan Siglufjarðar með hönnun svokallaðra stoðvirkja, en það eru fyrirstöður eða net sem komið er fyrir í upptakasvæðum snjóflóða og hindra að þau fari af stað. Meginmarkmið slíkra tilrauna er að athuga bæði virkni og þol virkjanna við íslenskar aðstæður. Í ljós kom að tæring er hér meiri en gengur og gerist þar sem varnarvirki af þessu tagi hafa verið notuð og eru því kröfur um tæringarvarnir meiri hér. Snjór hérlandis er einnig þyngri að meðaltali heldur en t.d. í Alpalöndum og þarf að taka tillit til þess. Í kjölfar tilraunarinnar hafa verið settar viðmiðunarreglur um styrk og endingu stoðvirkja. Í framtíðinni verður að fylgjast vel með endingu þeirra stoðvirkja sem verða sett upp. Tilraunir með hönnun annarra varnarvirkja hafa einnig verið gerðar. Varnargarðar eru einkum af þremur megingerðum. (1) Leiðigarðar sem eiga að breyta stefnu snjóflóða og eru taldir tiltölulega öruggir. Slíkir garðar hafa þegar verið reistir á Siglufirði og á Flateyri. (2) Þvergarðar sem eiga að stöðva snjóflóð eða draga svo mjög úr afli þeirra að þau verði meínlítill neðan garðsins. Virkni þvergarða er mun óvissari en leiðigarðanna. Garður af þessu tagi hefur verið byggður í Neskaupstað. (3) Snjóflóðakeilur. Keilurnar eru að jafnaði byggðar ofan garða (oftast þvergarða) og eru eins og nafnið bendir til háir hraukar. Þeim er ætlað að draga úr afli snjóflóða. Í gangi er allstórt tilraunaverkefni þar sem virkni keilna er rannsökuð. Verkefnið er rekið í samvinnu við erlenda aðila. Líkantilraunir eru gerðar í bæði lágum (innandyra) og háum (utandyra) brautum og er jafnframt unnið að fræðilegri greiningu rennslis snjóflóða við keilur.

Tjónnæmi, áhættuviðmið

Ógn (hazard) / tjónmætti (damage potential): Upplýsingar um fallin snjóflóð eru notaðar til að greina bæði tíðni og stærð þeirra, tjónmætti þeirra og líkleg áhrif mótaðgerða.

Eins og bent hefur verið á hér að frama verða hugtökin *tjónnæmi* (vulnerability) og *áhættuviðmið* (acceptance level) allt of oft útundan í umræðum um ógnir. Hversu margir búa við snjóflóðahættu? Hversu mikinn hluta tímans? Hversu alvarleg er hættan? Hvernig draga hús úr hættunni? Hversu mikil áhrif hefur hraði snjóflóðs á lífs- eða slysalíkur? Hvernig á að bera saman mannlegt tjónnæmi og efnalegt? eru veikir hlekkir í *samfélagsrekstrinum* (infrastructure)? Hvernig snjóflóðaslys þarf til að samfélag nái sér ekki aftur? Í líkani Alþjóðaveðurfræðistofnunarinnar er bent á að viðmiðaval fer ekki fram fyrr en eftir að tjónnæmi hefur verið kannað.



Mynd 4. Tjónnæmi og áhættuviðmið

Um leið og farið var að nálgast snjóflóðahættumat á nýjan hátt kom í ljós að *dánarlíkur* (expected mortality) eru mun hærri á þeim stöðum sem búa við snjóflóðahættu heldur en annars staðar, sérstaklega á það við dánarlíkur yngra fólks og barna. Til að sýna um hversu háar tölur er að ræða má bera dánarlíkurarnar saman við dánartíðni af tveimur kunnum ástæðum. Annars vegar er um að ræða dánartíðni í umferðarslysum (um 1 af 10 þúsund (10^{-4}) á ári) en hins vegar almenna dánartíðni barna og er hún um 2 af 10 þúsund á ári (2×10^{-4}). Um helmingur barnanna deyr í slysum, en hinn helmingurinn af völdum sjúkdóma. Ákveðið var að stefnt skyldi að því að varnir eða aðrar mótvægisáðgerðir sæu til þess að snjóflóð (og önnur ofanflóð) hækkuðu dánarlíkur þeirra ungmenna sem við snjóflóðahættu búa ekki nema um 20% (þ.e. $0,2 \times 10^{-4}$ á ári). Minni hækkun er skilgreind sem viðunandi.

Gerður er munur á svokallaðri *staðaráhættu* annars vegar og *einstaklingsáhættu* hins vegar. Ákveðin reiknuð staðaráhætta fylgir hverju húsi og hverjum stað og ef einstaklingur dvelur öllum stundum á þeim stað reiknast einstaklingsáhætta hans hin sama og staðaráhættan. Talið er víst að dvöl utan hættusvæða (t.d. við vinnu eða í fríum) valdi því að í raun og veru sé einstaklingsáhættan að jafnaði lægri en staðaráhættan inni á snjóflóðahættusvæðinu og að full ástæða sé að taka tillit til dvalar utan hættusvæða við ákvörðun áhættuviðmiða. Eins og gefur að skilja er ekki nokkur vegur að reikna út einstaklingsáhættu allra, en talið viðunandi að sökum fjarveru geti einstaklingur búið eða unnið í húsi þar sem staðar(umfram)áhætta er $0,3 \times 10^{-4}$ án þess að einstaklings(umfram)áhætta hans verði meiri en $0,2 \times 10^{-4}$. Þessi hækkun svarar til þess að viðvera í íbúðarhúsnæði sé 75%. Sé viðbótaráhætta af völdum ofanflóða meiri en þetta telst staðurinn vera á hættusvæði.

Viðvera (hættunánd, exposure) sem háð er eðli byggðar eða athafna kemur við sögu þegar ákvörðun er tekin um landnýtingu. Í reglugerð um hættumat vegna snjóflóða (505/2000) er miðað við að viðvera í atvinnuhúsnæði sé 40%. Viðvera í frístundahúsum (t.d. sumar-bústöðum og fjallaskálum) er önnur en í íbúðabyggð, oft mjög lítil. Því má telja eðlilegt að þar megi staðaráhætta vera meiri en ásættanlegt er í þeim húsum sem búið er í árið um kring. Sem stendur er fremur lítið vitað um viðveru í frístundahúsum og þyrfti að kanna hana nánar. Til bráðabirgða er í áður nefndri reglugerð miðað við 5% viðveru í frístundahúsum. Áhættuviðmið á útivistarsvæðum (svo sem skíðalöndum) fara eftir eðli viðveru. Erlendar rannsóknir hafa gjarnan sýnt að viðhorf almennings til áhættu fer mjög eftir því hvort hún er sjálfvalin (eins og er við íþrótt- og útivistariðkun) eða ekki (við dagleg störf og inni á heimilum). Rannsaka þyrfti viðhorf almennings til áhættu meira hér á landi en gert hefur verið.

Áhættuviðmið gagnvart efnalegu tjóni hafa ekki verið endanlega skilgreind þó leiðbeinandi hugmyndir liggi fyrir. Þær gera ráð fyrir að *kostnaðar/ávinningamat* (cost/benefit analysis) fari fram í hverju einstöku tilviki. Mjög oft er hægt að draga verulega úr líkum á tjóni vegna skriðufalla, grjóthruns og aur- eða vatnsflóða með tiltölulega ódýrum varnaraðgerðum.

Leggja verður á það áherslu að ákvörðun um áhættuviðmið er pólitísk. Viðmiðin geta breyst í tímanna rás og eru m.a. háð viðhorfum almennings og stjórnámálanna á hverjum tíma. Áhættuviðmið geta þannig breyst án þess að staðar- eða einstaklingsáhætta breytist⁴.

Til að draga úr þeirri hættu sem einstaklingar búa við kemur bæði til greina að gera varúðar- og varnarráðstafanir á staðnum eða veita fjárhagslegan stuðning til brottflutnings, með

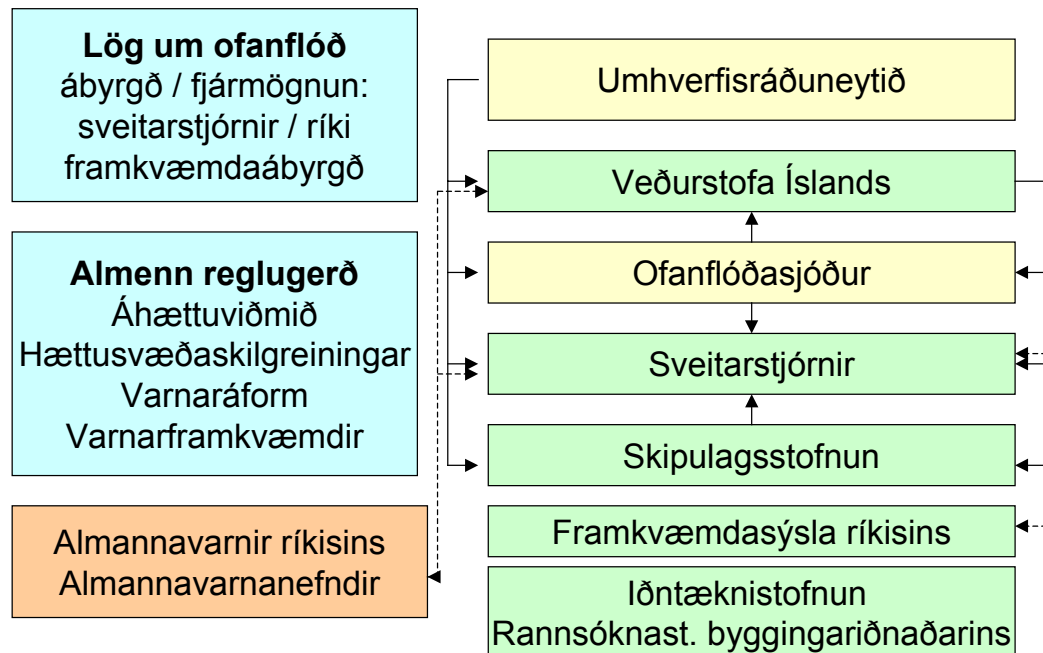
⁴Frá sjónarhóli einhverra (stjórn mála) samtaka gæti búseta á hættusvæðum talist sjálfvalin og afskipti ríkis- eða sveitastjórnarvalds óæskileg. Aðrir geta haldið því fram að íbúar á hættusvæðum eigi rétt á því að búa við lágmarksöryggi á heimilum sínum og að samfélaginu beri því að búa svo um hnútana að slíkt sé mögulegt. Sumir telja að dvöl í frístundahúsum eigi að flokkast með sjálfvalinni áhættu og viðmið ættu því að vera sambærileg áhættu samfara íþróttaiðkan. Það verður þó að teljast skynsamlegt að staðaráhætta sé reiknuð í frístundabyggðum til þess að þeir sem nýta húsin séu ekki grunlausir um raunverulegra áhættu auk þess sem almennt er ástæða til að forðast uppbyggingu á hættulegum stöðum.

uppkaupum og/eða öðrum styrkjum. Í grundvallaratriðum er val á aðgerðum einnig pólitískt og sömuleiðis réttur íbúa til skaðabóta vegna þeirra aðgerða sem taldar eru nauðsynlegar til að tryggja öryggi. Því er ekki að leyna að almennt getur hættumat orsakað verðbreytingar á fasteignamarkaði (reyndar á báða bóga), en í reynd eru aðrir þættir meira ráðandi um verðlagsþróun. Bæði lög og reglugerðir eru þannig grundvallaðar á pólitískum ákvörðunum sem langoftast munu leitast við að jafna aðstöðu þegnanna gagnvart öryggi á heimilum og vinnustöðum.

Lagaumhverfi og fjármögnun

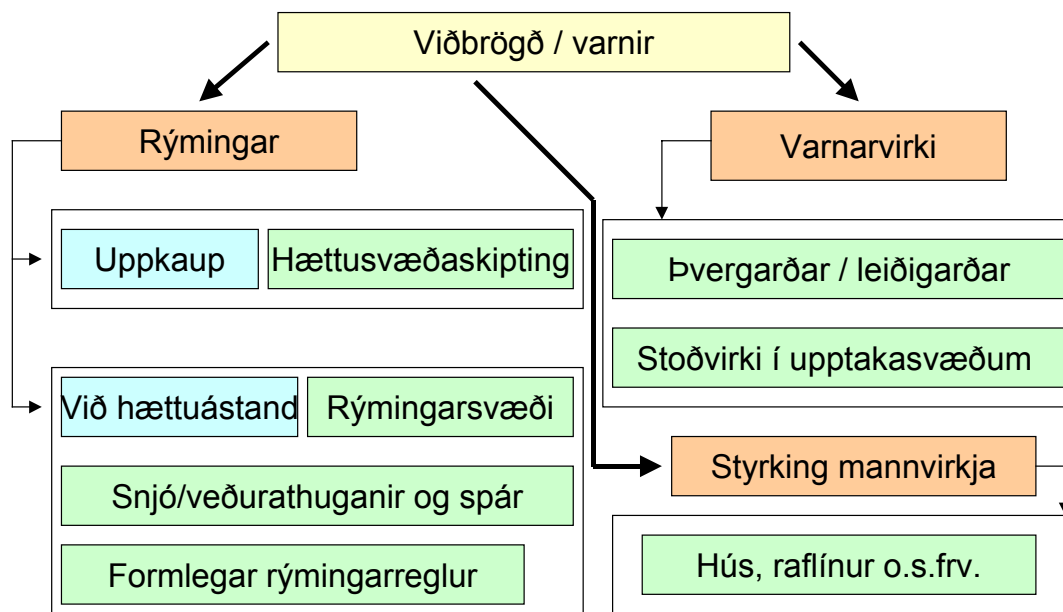
Vinna við ofanflóðamál byggist á lögum sem Alþingi setti árið 1997 (lög 49/1997). Lögin ákvarða ábyrgð og stöðu þeirra aðila sem að málinu koma. Með lögnum er skilgreindur sérstakur sjóður, Ofanflóðasjóður, sem kostar byggingu varnarvirkja að miklu leyti og styrkir jafnframt verulega rannsóknir á þessu sviði. Beinar fjárveitingar til Veðurstofu Íslands voru þar að auki hækkaðar vegna uppbyggingar athugana-, aðvarana- og rýmingarkerfa. Yfirstjórn málaflokksins er í höndum Umhverfissráðuneytisins og er Ofanflóðasjóður í vörslu þess. Ráðuneytisstjóri Umhverfissráðuneytis er formaður stjórnar Ofanflóðasjóðs, en í stjórninni sitja einnig fulltrúar tilnefndir af félagsmálaráðuneytinu og Sambandi íslenskra sveitarfélaga.

Ofanflóðasjóður er í meginráttum fjármagnaður með sérstöku gjaldi (einskonar skyldu-tryggingu) sem nemur, 0,3% af váttryggingarverðmæti allra brunatryggðra húseigna. Árið 2000 gaf umhverfissráðherra út sérstaka reglugerð um hættumat vegna ofanflóða og nýtingu hættusvæða (reglugerð 505/2000). Hættumetnum landsvæðum er skipt í fjögur svæði eftir staðaráhættu, ómerkt sé áhættan viðunandi, en síðan með vaxandi áhættu í röðinni A, B og C. Þó Ofanflóðasjóður fjármagni bæði hættumat og allt að 90% kostnaðar vegna byggingar varnarvirkja, er formleg ábyrgð á framkvæmd hættumatsins í höndum einstakra sveitarfélaga og nefnda sem þær ásamt umhverfissráðherra skipa. Hættumatið er samkvæmt reglugerðinni



Mynd 5. Lög, reglugerð, aðkoma stofnana

unnið af Veðurstofu Íslands eða í hennar umsjón. Veðurstofan gegnir einnig ráðgjafahlutverki við hönnun varnarvirkja. Sveitarstjórnir bera ábyrgð á viðhaldi varnarvirkja, en Ofanflóðasjóði er heimilt að greiða allt að 60% af viðhaldskostnaði. Framkvæmdasýsla ríkisins og sveitarfélögin sjá um útboð og framkvæmdir. Skipulagsstofnun hefur umsjón með sam-hæfingu hættumats og almenns skipulags sveitarfélaganna.



Mynd 6. Viðbrögð, varnarkostir

Viðbrögð og varnir

Hægt er að bregðast við ofanflóðahættu á þrennan máta: (1) Með *rýmingum*, (2) byggingu *varnarvirkja*, og (3) *styrkingu* húsa og annarra mannvirkja

Uppkaup (varanlegar rýmingar) koma til greina þar sem ekki svarar kostnaði að byggja upp varanleg varnarvirki. Í slíkum tilvikum er Ofanflóðasjóði ætlað að kaupa upp hús og önnur mannvirki ef staðaráhætta af völdum ofanflóða er meiri en $3 \cdot 10^{-4}$ (svokölluð svæði C í hættumati). Þar sem áhætta er lægri má beita rýmingum þar til aðrir varnarkostir hafa komið til framkvæmda. Mjög mikilvægt er að geta spáð fyrir um snjóflóðahættu og að skammtímarýmingar gangi sem liðugast fyrir sig. Þéttbýliskjörnum sem búa við snjóflóðahættu hefur því verið skipt í svokölluð rýmingarsvæði. Í flestum tilvikum falla rýmingarsvæði og hættusvæði að miklu leyti saman, en mörk einstakra rýmingarsvæða ráðast einnig af áhrifum hvers snjóflóðafarvegs fyrir sig. Venjulega eru ekki allir farvegir virkir á sama tíma. Almanna- og varnarmálaráðgjafar hafa ásamt Veðurstofunni undirbúið rýmingaráætlanirnar í samvinnu við almanna- og varnarmálaráðgjafar hvers byggðarlags.

Hvað viðbrögð við skyndilegri snjóflóðahættu varðar er Veðurstofan hluti af stærra kerfi Almanna- og varnarmálaráðgjafar ríkisins. Skyndirýmingar eru ekki vinsæl aðgerð en því miður er óhjákvæmilegt að rýma mun oftast en hættuleg snjóflóð falla á ákveðið rýmingarsvæði.

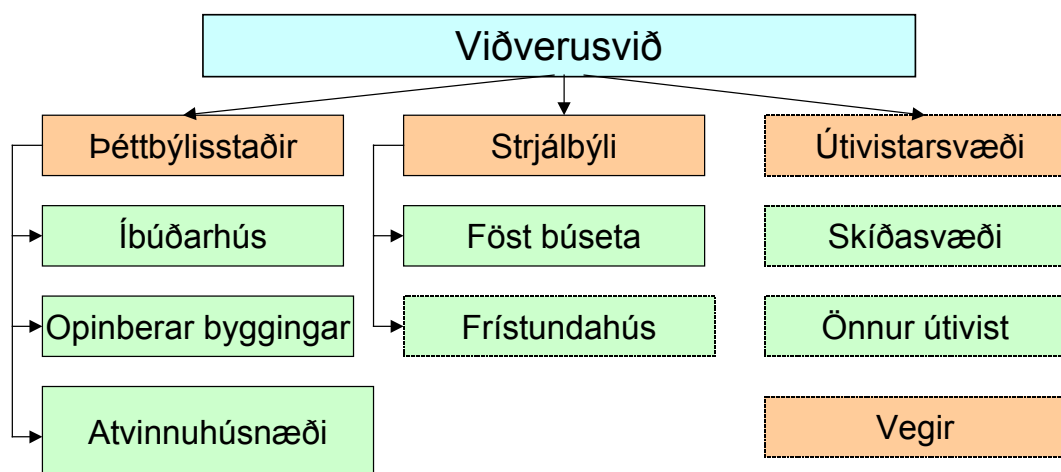
Ákvarðanir um rýmingar eru nú teknar á Veðurstofunni í nánú samráði við almanna- og varnarmálaráðgjafar staðanna. Formlega er um sameiginlega ákvörðun þriggja aðila að ræða, snjóflóðasérfræðings á vakt á Veðurstofunni, veðurfræðings á vakt og snjóeftirlitsmanns á staðnum. Ákvarðanaferlið hefur verið skilgreint í smáatriðum, en ekki er fjallað um það nánar hér. Þó má geta þess að ferlið skilgreinir svonefnd ástandsstig í samræmi við vinnureglur Almanna- og varnarmálaráðgjafar. Þörf á rýmingum er mjög mismunandi frá ári til árs.

Þegar hættumat ákveðins þéttbýliskjarna hefur verið formlega staðfest af ráðherra ber sveitarfélaginu innan sex mánaða að leggja fram áætlun um uppbyggingu varnarvirkja á svæðinu. Ofanflóðasjóður getur veitt fé til styrkingar bygginga sem þegar standa. Ýmsar kvaðir fylgja byggingum á hættusvæðunum, mjög litlar þó á A-svæðunum en þar er hættan talin minnst.

Hættumat fyrir Neskaupstað, Seyðisfjörð og Siglufjörð hefur verið staðfest af ráðherra og hættumat, Eskifjörð og Ísafjörð (Skutulsfjarðarþéttbýli og Hnífsdal) bíður staðfestingar. Seint í sumar eða í haust (2002) verður lokið við hættumat fyrir Bolungarvík og Vesturbyggð (Patreksfjörð og Bildudal).

Strjálbýli, frístundahús og frístundasvæði

Áhættuviðmið eru allvel skilgreind fyrir strjálbýli með heilsársbúsetu, en reglur um mótvægisáðgerðir /aðgerðaskyldu og landnotkun hafa ekki verið settar. Þær reglur munu auk almennra öryggissjónarmiða verða að taka tillit til heildarkostnaðar vegna hugsanlegra áðgerða, en slíka úttekt vantar. Þó áhættuviðmið hafi verið sett um frístundahús hafa reglur ekki verið settar um skipulagningu nýrra frístundahúsabyggða né um kvaðir á þeim. Varnarþörf fyrir slíkar byggðir hefur ekki verið skilgreind. Áhættuviðmið hafa ekki verið skilgreind í neinum smáatriðum fyrir útivistarsvæði. Viðvera og þar með áhætta á slíkum svæðum er í flestum tilvikum sjálfvalin og því er eðlilegt að áhættuviðmið séu önnur en þar sem um byggð er að ræða. Í nokkrum tilvikum hefur verið leyft að reisa ný frístundahús með skilyrðum um notkun að vetrarlagi. Fastari reglur um slík skilyrði skortir. Í fáeinum tilvikum



Mynd 7. Viðvera er háð eðli byggðar. Hún er ekki hin sama í íbúðar- og atvinnuhúsnæði og er enn önnur í frístundahúsum. Mikilvægt er einnig að greina á milli sjálfvalinnar áhættu (og þar með viðveru) og annarrar.

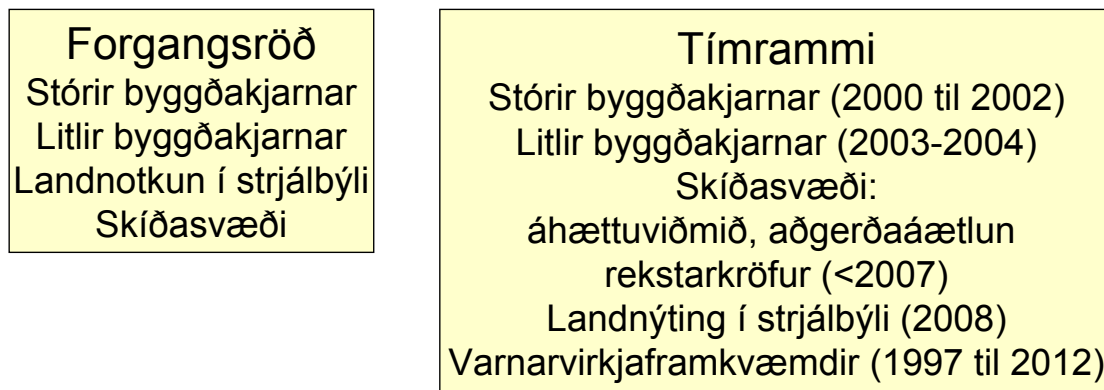
hefur öryggi verið bætt umtalsvert á þjóðvegum með ofanflóðavörnum, en lítið hefur enn sem komið er verið rætt um áhættuviðmið og aðgerðaskyldu.

Hættumat vegna skriðufalla, grjóthruns og aur- og vatnsflóða í brattlendi fylgir hinu almenna snjóflóðahættumati. Áhættuviðmið eru hin sömu varðandi manntjón og notuð eru í snjóflóðahættumatinu. Stungið hefur verið upp á viðmiðum varðandi efnislegt tjón en hvorki þau né varnaraðgerðir eru reglugerðarbundin sem stendur.

Rétt er að benda á að áhætta sem telst viðunandi fyrir einstakling einn og sér er það ekki endilega sé *heildaráhætta* (*safnáhætta*, total risk, aggregate risk) margra íbúa reiknuð. Því mætti hugsa sér að íbúðahverfi rísi þar sem staðar- og þar með einstaklingsáhætta er viðunandi. Ef áhætta allra einstaklinga í hverfinu er lögð saman getur það gerst að heildar-dánarlíkur verði (vegna fjölda) áberandi meiri en á „hættulausu“ svæði. Hættumatsreglugerðin gerir ekki ráð fyrir sérstöku áhættuviðmiði varðandi safnáhættu af þessu tagi, en kemur á mótis við sjónarmiðið með því að gera greinarmun reglum um byggingar á milli venjulegra einbýlishúsa annars vegar og fjölbýlishúsa, félagsheimila, skóla o.s.frv. hins vegar. Einnig er bannað að reisa nýja íbúðabyggð á hættusvæðum. Í frístundabyggðum getur verið mikill munur á einstaklingsáhættu og safnáhættu.

Snjóflóðahættumat á næstu árum

Ljúka skal hættumati í stórum byggðakjörnum sem fyrst. Til viðbótar þeim stöðum sem þegar hafa verið nefndir hér að ofan má nefna Ólafsvík, Tálknafjörð, Flateyri, Suðureyri, Súðavík, Ólafsfjörð, Fáskrúðsfjörð og Þingeyri. Reiknað er með því að hættumati fyrir flesta þessa staði verði lokið seint á árinu 2003. Síðan er stefnt að því að þörf fyrir hættumat verði síðan skipulega athuguð fyrir aðra þéttbýlisstaði landsins (fleiri en 50 íbúa í byggðarkjarna, um 90 talsins) og hættumat gert á þeim tiltölulega fáu stöðum þar sem ástæða verður talin til. Undirbúningur er hafinn að úttekt á skíðasvæðum og að reglur verði settar um þau eins og reglugerð kveður á um (áhættuviðmið, rekstrarkröfur, aðgerðaáætlun). Einnig þarf að huga betur að reglum um landnýtingu í dreifbýli eins og áður var minnst á. Stefnt er að vinnslu (land)hallakorta og að reglur um svonefnd úthlaupshorn (mál á fjarlægð frá upptakasvæði og bratta þess) verði settar til að flýta fyrir afmörkun þeirra svæða þar sem hætta er lítil sem engin. Þá losna stórir hlutar landsins frá öllum kvöðum tengdum ofanflóðum.



Mynd 8. Forgangsröð og tímarammi verkefna innan hættumatsins, m.a. þeirra sem ólokið er.

Hættumat í víðara samhengi

Ástæða er til að ætla að hættumatsrammi sá sem hér hefur verið til umfjöllunar eigi einnig vel við aðrar ógnir náttúruafars hér á landi. Á Veðurstofunni hefur skapast meiri yfirsýn varðandi hættumat heldur en gengur og gerist meðal opinberra stofnana. Æskilegt er að sú reynsla nýtist varðandi úrlausn á móta viðfangsefna sem eru mörg, en ekki er ástæða hér til að ræða þau í neinum smáatriðum. Eins og fram kom í upphafi hefur mjög skort á samhæfingu þeirra sem vinna að hættumati náttúruafarsógnna hérlendis. Talsvert hefur verið fjallað um tjónmætti og endurkomutíma, minna um tjónnæmi en sáralítið um áhættuviðmið.

Líklega hefur jarðskjálftahættan hlotið einna mesta athygli upp á síðkastið. Eftir Suðurlands-skjálftana tvo á árinu 2000 brugðust stjórnvöld fljótt við með auknum fjárveitingum til jarðskjálftarannsóknna og mótvægisáðgerða. Engin ein stjórnvaldsstofnun er hins vegar ábyrg fyrir heildarhættumati jarðskjálfta á þann hátt sem Veðurstofan er varðandi ofanflóð. Miðað við þá reynslu sem skapaðist kringum snjóflóðamálin má telja mikilvægt að einhverjum einum aðila sé falið að gerast það sem kalla má lykilumsjónaraðila með jarðskjálftahættu. Veðurstofan og fjölmargir hæfir aðilar aðrir hafa unnið að ýmsum undirþáttum hættumats fyrir jarðskjálfta og margs konar nauðsynlegar niðurstöður liggja ýmist fyrir eða eru væntanlegar⁵. Framtíð jarðskjálftahættumats er þó mikilli óvissu undirorpin svo lengi sem umsjónaraðila skortir. Nánast engin umræða hefur verið um viðmiðunaráhættu og fremur lítil um tjónmætti.

Jarðskjálftar eru nefndir sem dæmi um ógn sem ekki tengist veðri eða veðurfari. Nefna má fleiri ógnir sem þarfnast hættumats.

⁵ Mjög fróðlegt var t.d. að sjá hluta þeirrar vinnu á veggspjaldasýningu á aðalfundi Landsvirkjunar 2002.

Aukning útfjólublárrar geislunar vegna hugsanlegrar rýrnunar ósonlagsins (og ofnotkunar ljósabekkja) er ein slík ógn. Hún hefur vakið verulega athygli og umræðu, en eftirtektarvert er að yfirleitt eru hvorki áhættuviðmið né tjónnæmi (vulnerability) nefnd til sögunnar. Fullyrða má að umræðan sé að mestu marklaus án þess að þessir þættir komi við sögu.

Mjög mikilvægt er bæði hér og annars staðar að fjallað sé um geislavirkni sem ógn sem þarfnast áhættuviðmiða. Hér á landi er helst rætt um geislavirkni í sjó, enda sennilega ekki vanþörf á. Lítið er hins vegar rætt um áhættuviðmið í því sambandi, þessi staða veldur því að hin minnsta geislavirkni verður að óyfirstíganlegri ógn og umræða því mjög tilfinningaþrungin.

Fjölmargir þættir umferðarmála þurfa á heildarhættumati að halda og einhver hreyfing mun á þeim sumum, t.d. er talsvert starf er í gangi til að draga úr meiðslum og öðru tjóni en áhættuviðmið eru síður rædd. Öllum má vera ljóst að aldrei tekst að hindra slys af þessu tagi að fullu, en hvað er ásættanlegt? Hættumats er þörf víðar í heilbrigðis- og hollustumálum þó fleiri tilvik séu ekki tíunduð hér.

Að lokum má nefna margs konar framkvæmdir sem áhrif hafa á náttúrufer. Listar eru oft gerðir yfir hugsanlegar ógnir, afleiðingar eru oft nefndar, en nánast lítið eða nánast ekki neitt er rætt um áhættuviðmið í því sambandi.

Yfirlit

Vinna að snjóflóðahættumati hér á landi hefur fallið vel að líkanramma Alþjóðaveðurfræðistofnunarinnar. Veðurstofan hefur komið nærri flestum þáttum innan rammans eins og hann var fram settur á mynd 1. Hún hefur safnað gögnum, metið tjónmætti (hazard potential), tjónnæmi (vulnerability) og áhættu, undirbúið tillögur um áhættuviðmið, hefur í samvinnu við ráðuneyti og sveitarstjórnir gert tillögur um nýtingu hættusvæða, verið vísindalegur ráðgjafi varðandi varnarsvæðing og þær kröfur sem til þeirra eru gerðar, auk þess að hafa í samvinnu við Almannavarnar ríkisins gert áætlanir um viðbragðsstöðu og rýmingar. Stofnunin gefur út snjóflóðaspár, stundar margskonar rannsóknir til að auka áreiðanleika þeirra og hefur um þessar mundir einnig úrskurðarvald varðandi rýmingar. Varla getur talist óeðlilegt að leitað verði til Veðurstofunnar um umsjón með hættumati á fleiri sviðum.

Reykjavík í ágúst 2002

Trausti Jónsson, Úrvinnslu- og rannsóknasviði, Veðurstofu Íslands

Heimildir sem getið er um í texta:

Náttúruvá (1996). *AVS - Arkitektúr, verktaekni, skipulag*, 17, 1 (Sérhefti um náttúruvá, ýmsar greinar).

Tómas Jóhannesson (2001) Náttúruhamfarir á Íslandi. Í: (María Gunnarsdóttir, ritstj.) *Orkuþing 2001. Orkumening á Íslandi. Grunnur til stefnumótunar*. Reykjavík, Samorka, 238-246.

WMO (1999) *Comprehensive Risk Assessment for Natural Hazards* WMO/TD No. 955, 92s.

Ítarlegan lista yfir efni um snjóflóðamál má finna á vef Veðurstofunnar undir „snjóflóð“ og „hættumat“. Þar er t.d. aðgengi að því hættumati sem þegar hefur farið fram. Síðurnar eru:

<http://www.vedur.is/snjoflod>

<http://www.vedur.is/snjoflod/haettumat>