

Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, Haraldur Ólafsson, Yves Durand,  
Gérald Giraud, Laurent Mérindol, Gilbert Guyomarc'h

## Snjóflóðahætta - skafrenningur

Líkön til að spá snjóflóðahættu aðlöguð íslenskum aðstæðum

## Efnisyfirlit

Inngangur .....	5
Bakgrunnur.....	5
SCM og Sytron - yfirlit .....	7
Uppsetning Sytron.....	7
Niðurstöður .....	9
Veturnir 2000-2002 á norðanverðum Vestfjörðum .....	9
Veturnir 2003-2004 og 2004-2005 - dæmi .....	9
Vefviðmót .....	13
CrocusMepra PC .....	14
Tilraunaforrit.....	14
Helstu niðurstöður.....	14
Framtíð líkananna og þróun .....	15
Þróun .....	15
Lokaorð .....	16
Heimildir .....	16

## Myndir

Mynd 1. <i>Daglegar líkankeyrslur birtast á netinu á veturna fyrir svæði (massif) kringum stöðvarnar á myndinni. Skafrenningur er reiknaður fyrir fjallasvæðin umhverfis Hveravelli, Bolungarvík, Sauðanesvita, Akureyri, Dalatanga og Reykjavík.</i> .....	6
Mynd 2. <i>Dæmi um niðurstöður SCM með Sytron, þar sem koma fram minnsta, meðal og mesta snjósnið, daginn sem snjóflóð féll á gamla bæinn á Hrauni í Hnífsdal.</i> .....	8
Mynd 3. <i>Snjósnið í mismunandi hæð við Akureyri 13. janúar 2004, daginn sem snjóflóð féll á Bakka á Ólafsfirði.</i> .....	10
Mynd 4. <i>Snjósnið reiknuð fyrir svæðið kringum Dalatanga 7. febrúar 2004, þegar mörg snjóflóð féllu á Austurlandi.</i> .....	11
Mynd 5. <i>Snjósnið í mismunandi hæð 13. janúar 2005, daginn sem snjóflóð féll á gamla bæinn á Hrauni í Hnífsdal.</i> .....	12
Mynd 6. <i>Snjósnið í mismunandi hæð (hér upp í 1800 m y.s.) á Akurnesi, nærri Höfn í Hornafirði, laugardag um hvítasunnuhelgi 2005.</i> .....	13

## Inngangur

Líkön til að spá snjóflóðahættu á meginlandi Evrópu hafa verið prófuð og aðlöguð að nokkru leyti að íslensku loftslagi (Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, 2004; Svanbjörg Helga Haraldsdóttir o.fl., 2000, 2001, 2002, 2004; Svanbjörg Helga Haraldsdóttir og Haraldur Ólafsson, 2002; Haraldur Ólafsson og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, 2000, 2003). Líkönin, Safran-Crocus-Mepra, SCM, hafa verið í þróun á snjódeild frönsku veðurstofunnar í Grenoble frá því fyrir 1990 (Brun o.fl., 1989; Durand o.fl., 1999, 2001, 2004; Giraud, 1993; Giraud og Navarre, 1995; Giraud o.fl., 2003). Þau eru notuð í daglegum snjóflóðaspám á 23 svæðum (massifs) í Ölpunum og 24 svæðum í Pýreneafjöllum og birtast einnig niðurstöður daglega fyrir 11 svæði á Íslandi. Svæðin eru á bilinu 200 til 600 km<sup>2</sup>. Til einföldunar er reiknað með að hvert svæði sé einsleitt, þannig að ekki er gert ráð fyrir breytileika innan hvers svæðis. Útreikningarnir eru gerðir fyrir allan veturinn og byggjast aðeins á veðurathugunum og veðurgreiningum og spám úr stærri veðurspákerfum (hér Arpège) án þess að nýta upplýsingar um snjóinn. Á næstu síðum er stuttlega gerð grein fyrir aðlögun líkananna á Íslandi, vinnu við að koma Sytron í notkun, niðurstöðum eftir að stillingum á greiningu á snjóflóðahættu var breytt í Mepra, nýju vefviðmóti, PC-útgáfu af forritunum (Giraud og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, 2005a, 2005b) og stuttlega sagt frá tilraunaforriti.

Niðurstöður líkanreikninganna birtast daglega á netinu (<http://www.vedur.is/~safopr>) og nýlega hafa verið gefnar út leiðbeiningar um notkun netsins (Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, 2005). Sjá skýringar í handbókinni til að lesa úr myndum 2-6 fyrir aftan.

## Bakgrunnur

Safran er veðurlíkan sem les veðurathuganir og veðurgreiningu og spá úr líkönum í grófu reiknineti. Upplýsingarnar eru síðan kvarðaðar í meiri upplausn í Safran, sem reiknar veður í mismunandi hæð yfir sjó. Crocus nýtir veður úr Safran og reiknar þróun snjóþekjunnar í mismunandi hæð yfir sjó og Mepra greinir síðan stöðugleika snjóþekjunnar úr Crocus. Í tilrauna-keyrslum var skafrenningur einungis reiknaður fyrir Hveravelli og síðan Bolungarvík, Sauðanesvita og Dalatanga í 600 m y.s., en er nú einnig reiknaður fyrir Akureyri og Reykjavík. Mepra greinir síðan snjóflóðahættu í 3 mismunandi snjósniðum á þessum 6 stöðum.

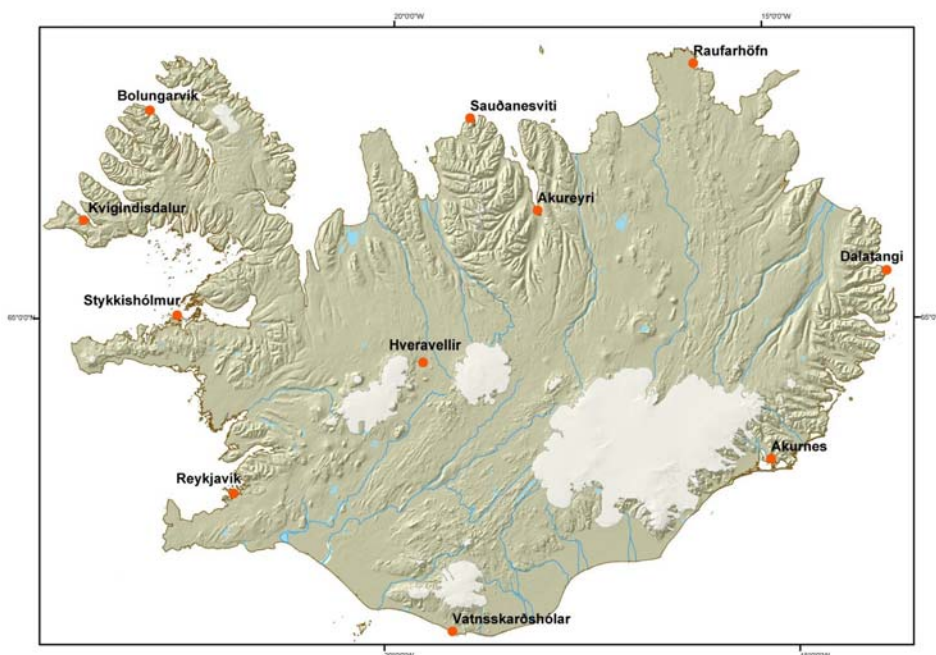
Veðráttan á Íslandi er ólík veðráttunni í Ölpunum. Það sem aðgreinir vetrarveður á þessum stöðum sérstaklega er hve oft er hvasst á veturna. Á Íslandi snjóar mun oftast í hvassviðri en í Ölpunum. Hér á landi er algengt að snjórinn sé vindbarinn og flekaflóð því algeng, en eiginleg lausasnjóflóð eru fátíð. Þau eru aftur á móti algeng í Ölpunum.

Við fyrri aðlögun SC-líkananna var borin saman mæld og reiknuð snjódýpt við mismunandi skilyrði. Í líkanreikningunum voru könnuð áhrif vinds, bæði á úrkomumælingar og eðlisþyngd nýsnævis, svo og áhrif hitastigs sem aðgreinir snjókomu og rigningu.

Mikilvæg leiðrétting var gerð með að taka tillit til áhrifa vinds á úrkomumælingar (Svanbjörg Helga Haraldsdóttir o.fl., 2001, 2002). Þekkt er að snjókoma mælist illa í vindi. Norræn rannsókn á úrkomumælingum (Førland

o.fl., 1996; Hanssen-Bauer o.fl., 1996) og greining á vatnsbúskap á Hveravöllum (Flosi Hrafn Sigurðsson, 1990) voru notuð til grundvallar leiðréttingunum.

Sýnt hefur verið fram á að eðlisþyngd snævar er að meðaltali hærrí hér en algengast er í Sviss (Tómas Jóhannesson o.fl. 1998). Gera má ráð fyrir að eðlisþyngd snævar í Ölpunum í Frakklandi sé lík því sem gerist í Sviss. Eðlisþyngdin í líkönunum er reiknuð með formúlu sem er að hluta byggð á tilraunum og við samanburð við mælingar á Hveravöllum kom í ljós að hún var vanmetin í líkönunum. Í aðlögun líkananna var því útreikningum á eðlisþyngd nýsnævis breytt.



Mynd 1. *Daglegar líkankeyrslur birtast á netinu á veturna fyrir svæði (massif) kringum stöðvarnar á myndinni. Skafrenningur er reiknaður fyrir fjallasvæðin umhverfis Hveravelli, Bolungarvík, Sauðanesvíti, Akureyri, Dalatanga og Reykjavík.*

Við athugun kom í ljós, að hitastig, sem aðgreinir snjókomu og rigningu, gæti haft mikil áhrif á niðurstöður líkanreikninganna. Var því gerð sérstök rannsókn á 30 ára gögnum Veðurstofunnar frá 47 veðurstöðvum (Haraldur Ólafsson og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, 2000, 2003). Niðurstöður sýndu, að hitastig, sem aðgreinir snjókomu og rigningu, er háð staðsetningu, auk þess sem kemur fram árstíðasveifla og dægursveifla. Meðalgildin sem notuð eru í SCM-líkankeyrslunum eru á bilinu 0.8 til 1.8°C, lægst á Hveravöllum, hæst í Bolungarvík (Mynd 1).

Snjóflóðahætta er nátengd skafrenningi á Íslandi, en ekki var tekið tillit til hans í SCM-líkönunum. Greining líkananna á náttúrulegri snjóflóðahættu var ekki viðunandi, þegar hún var borin saman við skráða snjóflóðadaga á norðanverðum Vestfjörðum (Svanbjörg Helga Haraldsdóttir o.fl., 2004), og var því þróað sérstakt kerfi til að spá snjóflóðahættu. Auk niðurstaðna líkananna um óstöðugleika, sem kom fram í snjóflóðahættu vegna umferðar, var tekið tillit til fjallavinds sem tákn fyrir skafrenning í þessu kerfi. Í ljós

kom að hvorki upplýsingar um fjallavind einan né niðurstöður líkananna nægðu til að mynda viðunandi kerfi til að spá snjóflóðahættu. Kerfið er hálf sjálfvirkt, þar sem unnið var úr niðurstöðum líkananna og fjallavindi eftir keyrslu þeirra. Í greiningunni á snjóflóðadögum á norðanverðum Vestfjörðum var samspil skafrennings og snjóflóðahættu staðfest, þar sem mesti 10 mínútna fjallavindur var alltaf meiri en 15 m/s í 1 til 2 daga áður en snjóflóð féllu, þó snjóflóðin væru aðeins lítil eða meðalstór.

Í verkefninu, sem hér er kynnt, er skafrenningslíkanið Sytron tengt SCM. Sú útgáfa sem er notuð hér á landi með SCM sýnir þróun meðalsnjóþekju, snjóþekju þar sem hefur skafið af svæðinu og snjóþekju þar sem skafrenningur hefur safnast ofan á snjóþekjuna. Í greinargerðinni er þetta kallað minnsta, meðal og mesta snjóþekja, eða minnsta, meðal og mesta snjódypt í viðkomandi hæð yfir sjávarmáli. Með þessum mismunandi snjóþekjum og niðurstöðurnar sýna 3 snjósníð í sömu hæð.

## **SCM og Sytron - yfirlit**

Í umsókn til Vegagerðarinnar um rannsóknarfé segir: „Tenging skafrenningslíkans, Sytron, við SCM-líkönin, aðlögun þess og líkananna í heild, er næsta skref. ... Ennfremur verður bætt við og breytt framsetningu niðurstaðna á netinu.”

Í verkefninu var mesta vonin bundin við tengingu skafrenningslíkansins Sytron við SCM (SSCM) vegna þess að þekkt er að skafrenningur er einn af þeim meginþáttum sem valda snjóflóðahættu á Íslandi.

Annar meginþáttur verkefnisins var að setja upp nýtt vefviðmót.

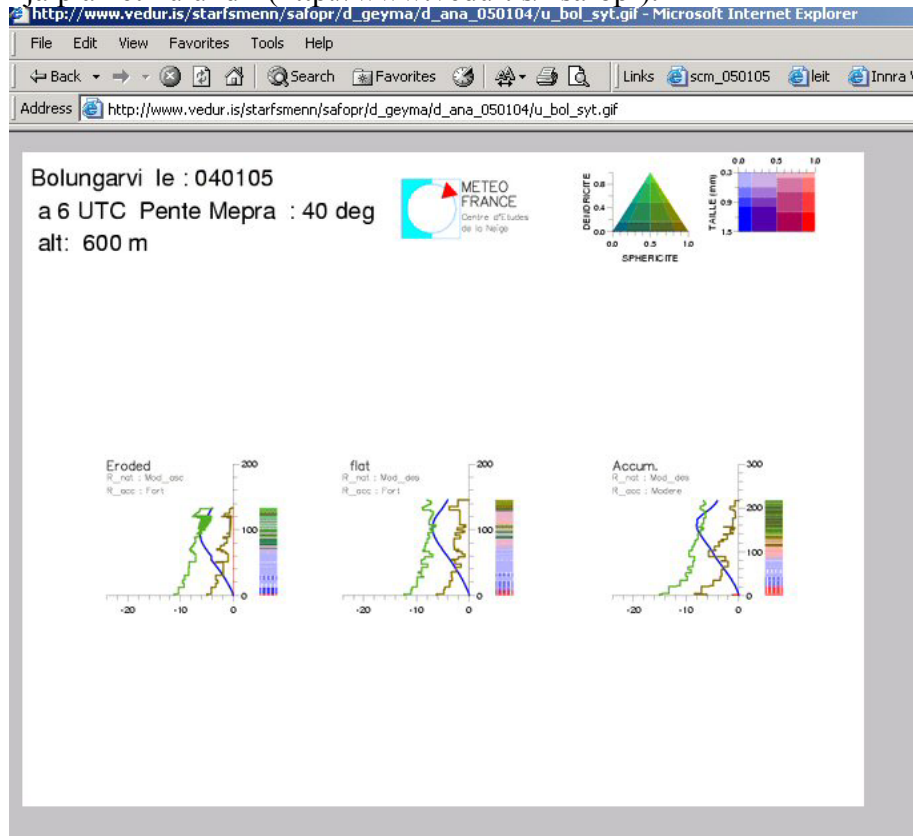
Til að sjá áhrif Sytron á niðurstöðurnar var ætlunin að bera saman niðurstöður SSCM og skráða snjóflóðadaga auk fyrrnefndra niðurstaðna fyrir veturna 2000-2002 á norðanverðum Vestfjörðum. Einnig var hugsanlegt að aðlaga þyrfti líkönin enn betur að íslenskum aðstæðum eftir að skafrenningslíkanið yrði tekið í notkun.

Í ferð til Frakklands var unnið að fleiri þáttum, sem munu koma að góðu gagni í framtíðinni. Auk styrksins frá Rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar hafði fengist Jules Verne styrkur til heimsóknna vegna samstarfs milli Frakklands og Íslands. Haustið 2004 komu tveir af frönsku samstarfsmönnum hingað og aðalhöfundur þessarar greinargerðar fór skömmu síðar til Frakklands. Í þessum ferðum var unnið við skafrenningslíkanið Sytron og forritið CrocusMepra PC þýtt úr frönsku á ensku. Auk þess var hafin uppsetning og þýðing á sérstakri útgáfu líkananna, sem er mjög hentug fyrir tilraunakeyrslur fyrir valdan stað, án þess að það hafi áhrif á daglegar keyrslur. Jafnframt var hafist handa við að gera yfirlit yfir skrár kerfisins. Ekki verður fjallað frekar um tvo síðustu þættina, þar sem þeir falla að hluta utan þessa verkefnis og er ekki lokið.

## **Uppsetning Sytron**

Ýmsir erfiðleikar hafa komið upp við uppsetningu Sytron. Þeir hafa smám saman verið yfirunnir, en ekki fyllilega fyrr en sumarið 2005. Þess vegna hefur ekki verið hægt að bera saman skráða snjóflóðadaga og endanlega

greiningu líkananna á snjóflóðahættu þar sem reiknað var með skafrenningi, eins og áætlað var. Niðurstöður með skafrenningi fyrir veturinn 2004-2005 verða aðgengilegar á netinu (Mynd 2). Jafnframt eiga niðurstöður með skafrenningi að koma fram daglega á netinu veturinn 2005-2006. Skýringar á myndunum á netinu og kvörðum þeirra má finna í leiðbeiningum um Safran-Crocus-Mepra-Sytron (Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, 2005) og í hjálp á netinu undir (<http://www.vedur.is/~safopr>).



Mynd 2. Dæmi um niðurstöður SCM með Sytron, þar sem koma fram minnsta, meðal og mesta snjósnið, daginn sem snjóflóð féll á gamla bæinn á Hrauni í Hnífsdal.  $R_{nat}$  (Risque naturelle) táknar náttúrulega snjóflóðahættu og  $R_{acc}$  (Risque accidental) táknar snjóflóðahættu vegna umferðar. Alls staðar kemur fram snjóflóðahætta, Mod\_des=töluverð-minnkandi, Fort=mikil (vegna umferðar). Lengst t.v. er snjósnið þar sem fokið hefur af hliðinni, sniðið í miðjunni sýnir meðalsnjóþekjuna og lengst t.h. hefur skafrenningur safnast fyrir í hliðina.

Í janúar 2004 var greining á náttúrulegri snjóflóðahættu (natural hazard) í Mepra endurstíllt á Íslandi og virtist greiningin strax gefa betri raun en fyrr.

Eftir að útreikningum á skafrenningi var bætt við líkönin á síðasta ári, voru líkönin endurkeyrð fyrir veturna 2000-2002 auk 2003-2004 og 2004-2005. Eftir greiningu niðurstaðna fyrir fyrri vetur og að fylgjast með daglegum niðurstöðum veturinn 2004-2005 varð ljóst að skekkja var í útreikningum Sytron. Ósamræmi var þar sem það reiknaði með Alpastillingum, en meðalsnjóþekjan var eins og fyrr reiknuð með aðlögun að íslenskri veðráttu. Þetta hefur nú verið lagað en ekki hefur gefist tími til að keyra og endurskoða niðurstöður fyrri ára.

## Niðurstöður

### Veturnir 2000-2002 á norðanverðum Vestfjörðum

Með endurstillingu Mepra í janúar 2004 virtust líkönin greina betur snjóflóðahættu þó ekki væri reiknað með skafrenningi. Þar sem ekki var hægt að styðjast við niðurstöður SCM með Sytron fyrr en sumarið 2005, var einungis notuð nákvæm greining á niðurstöðum fyrir meðalasnjóþekjuna. Eins og fyrr voru veturnir 2000-2002 á norðanverðum Vestfjörðum teknir fyrir til samanburðar við fyrri niðurstöður (Svanbjörg Helga Haraldsdóttir o.fl., 2004). Breyttar stillingar á greiningu á snjóflóðahættu gáfu lítið betri raun í greiningu á náttúrulegri snjóflóðahættu alla daga þessa tvo vetur, en snjóflóðahættan virðist þó breytast úr mjög lítilli hættu í litla hættu flesta snjóflóðadaga, þ.e. hún hækkaði örlítið. Snjóflóðahætta vegna skíðamanna var svipuð því sem áður var. Minna má á að þetta voru ekki miklir snjóflóðavetur og snjóflóðin voru lítil eða meðalstór.

### Veturnir 2003-2004 og 2004-2005 - dæmi

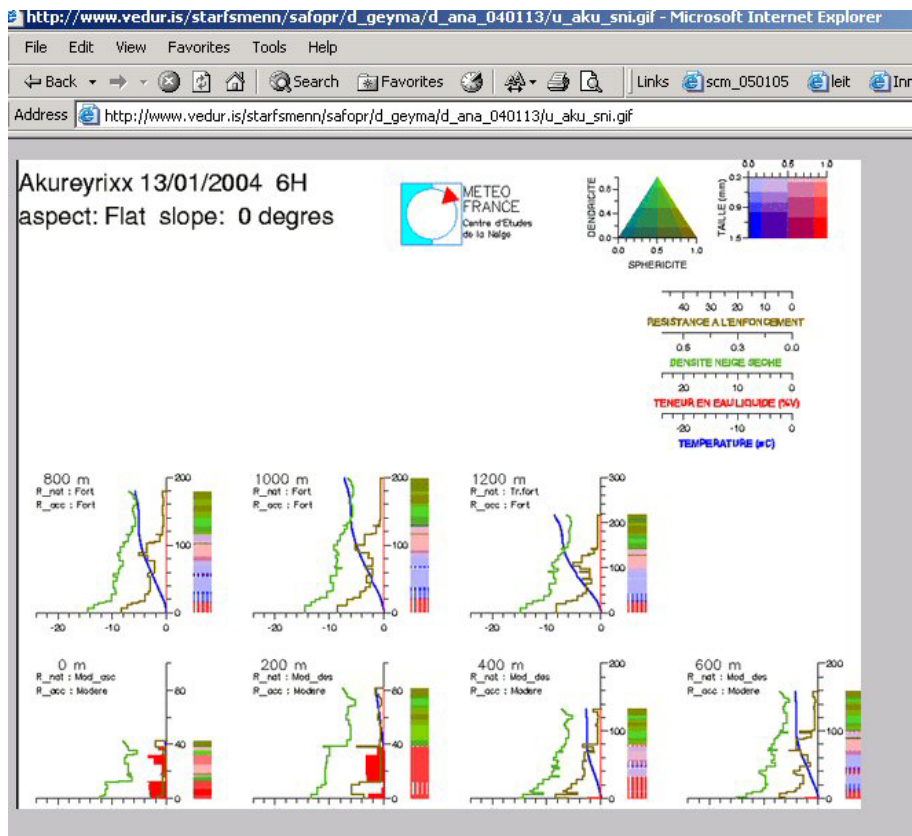
Niðurstöður voru skoðaðar þá daga sem snjóflóð voru skráð, en ekki eins og í fyrri greiningum fyrir alla vetrardaga. Skráning snjóflóða er misgóð eftir landshlutum og alls ekki tæmandi, en niðurstöður í verstu snjóflóðahrinunum ættu þó að gefa vísbendingu um hvort líkönin skila sæmilegum árangri.

### Veturinn 2003-2004

Í janúar og febrúar 2004 voru allmiklar snjóflóðahrinur á snjóflóðasvæðum á Mið-Norðurlandi og Austurlandi. Greining Mepra á snjóflóðahættu var endurstíllt á þessum tíma, eins og áður kom fram, og virtust líkönin greina náttúrulega snjóflóðahættu betur en hefði verið hægt að reikna með í eldri útgáfu. Betri greining getur stafað af því að þetta voru meiri hrinur og stærri snjóflóð en höfðu verið veturna á undan. Ekki var hægt að keyra kerfið tvöfalt, þannig að niðurstöður voru eingöngu með nýju stillingunum.

Þann 13. janúar 2004 féll snjóflóð á bæinn Bakka í Ólafsfirði og fórst einn maður. Hundur fannst lifandi í rústunum eftir um viku. Tjón varð á sumar-bústað í Héðinsfirði og sumar-bústaðurinn Litli-Lundur við sunnavert Stífluvatn ofan Skeiðsfossvirkjunar fór í flóði. Á Mið-Norðurlandi féll fjöldi snjóflóða í snjóflóðahrinunni, sem var frá 13. til 18. janúar, og sum þeirra voru óvenjulega stór og féllu á óvenjulegum stöðum.

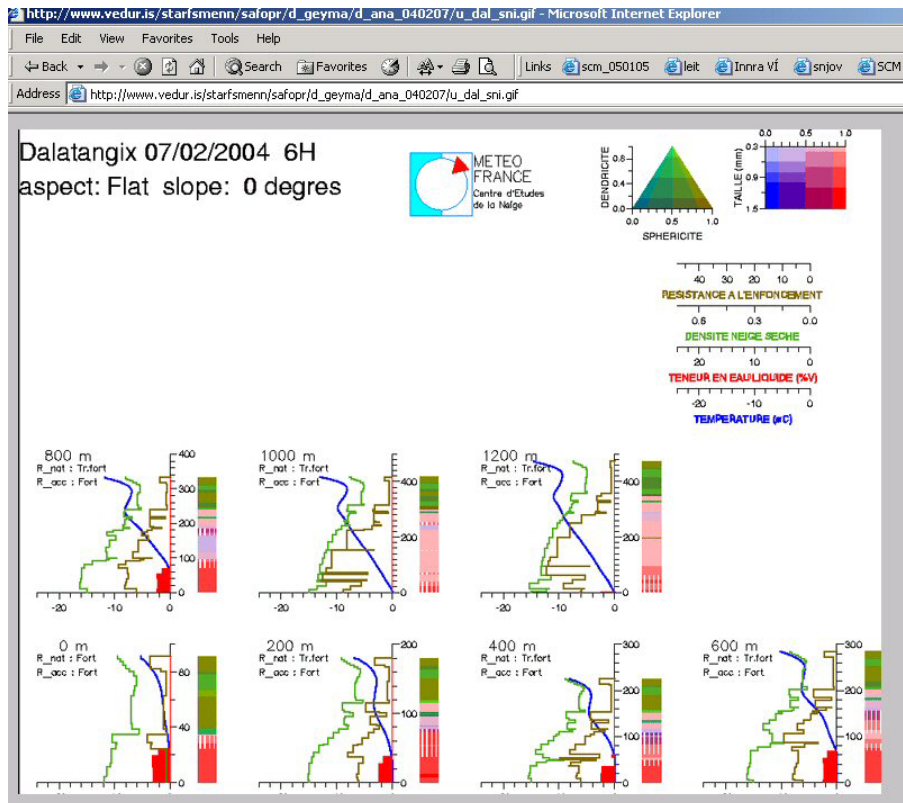
Líkönin reiknuðu náttúrulega snjóflóðahættu á Akureyri á þessum tíma (Mynd 3) og greindu hættuna frá 12. janúar, en sýndu áfram óstöðugleika til 22. janúar. Útreikningar fyrir Akureyri hafa ekki alltaf gefið raunsanna mynd af snjóflóðahættu á Ólafsfirði enda þekkt að snjóalög geta verið mjög breytileg milli þessara staða. Hafa má niðurstöður fyrir svæðið kringum Raufarhöfn og Sauðanesvita til hliðsjónar auk þess að fylgjast með niðurstöðum fyrir Akureyri.



Mynd 3. Snjósnið í mismunandi hæð við Akureyri 13. janúar 2004, daginn sem snjóflóð féll á Bakka á Ólafsfirði. Snjósniðin eru sambærileg við snið úr snjógryffjum. Snjódypt er á y-ás og kvarðar fyrir x-ás eru efst t.v. á myndinni, þar sem fram kemur harka (brún), eðlisþyngd (græn), bleytustig (rautt) og hiti (blár).

Fyrri hluta febrúar gekk óvenjulegt veður yfir Austurland, með norðnorð-vestanátt og snjókomu, en oftast snjóar þar í austlægum og norðaustlægum áttum. Mikil snjókoma fylgdi skilum og hafði henni verið spáð. Mörg snjóflóð voru skráð og féllu þau flest 7. febrúar. Í tengslum við þetta veður gefur SCM-kerfið til kynna snjóflóðahættu á hæsta stigi (Mynd 4).

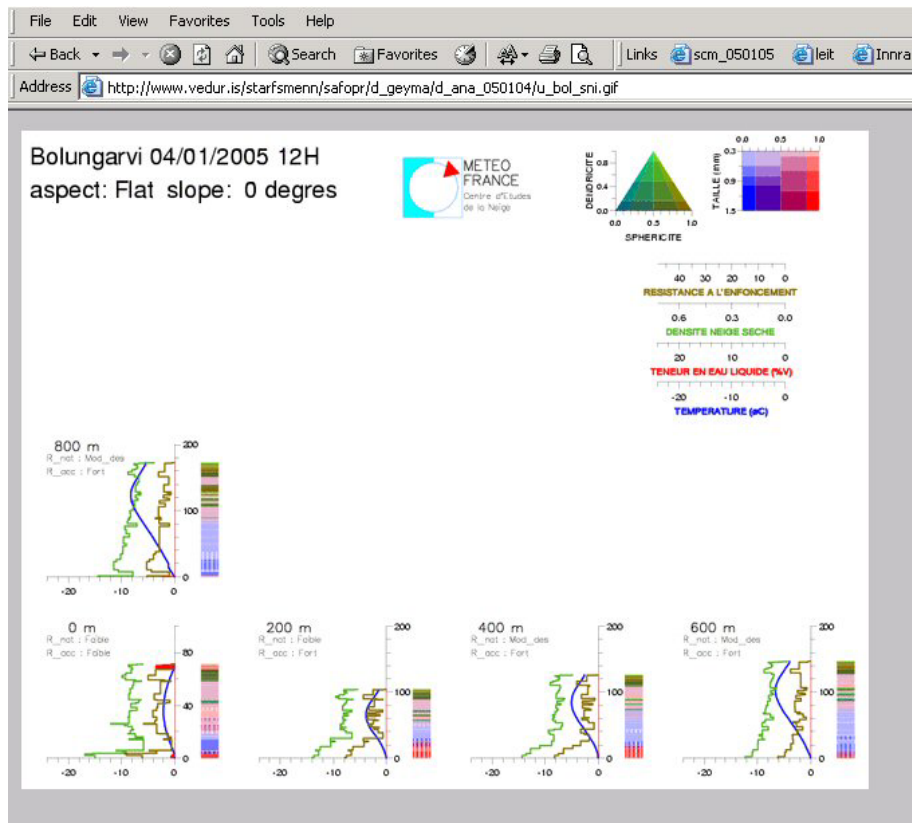




Mynd 4. Snjósnið reiknuð fyrir svæðið kringum Dalatanga 7. febrúar 2004, þegar mörg snjóflóð féllu á Austurlandi.

### Veturinn 2004-2005

Mikil snjóflóðahrina gekk yfir norðanverða Vestfirði í janúar 2005. Snjóflóð féllu í Hnífsdal og víðar þann 3. janúar. Um kl. 9:20 þann 4. janúar féll stórt snjóflóð á gamla bæinn að Hrauni í Hnífsdal og braut hann og eyðilagði vélar. Það fór einnig á blokkina og raðhús utar í dalnum, innst í þéttbýlinu. Húsin höfðu verið rýmd en tjón varð all nokkuð (Starfsmenn snjóflóðavarna Veðurstofu Íslands, 2005). Einnig féllu óvenjulega stór snjóflóð í Bolungarvík og nágrenni og í Skutulsfirði, ofan við Ísafjörð, á varnargarðinn ofan við sorpbrennsluna Funa og út á fjörð milli Funa og flugvallarins.



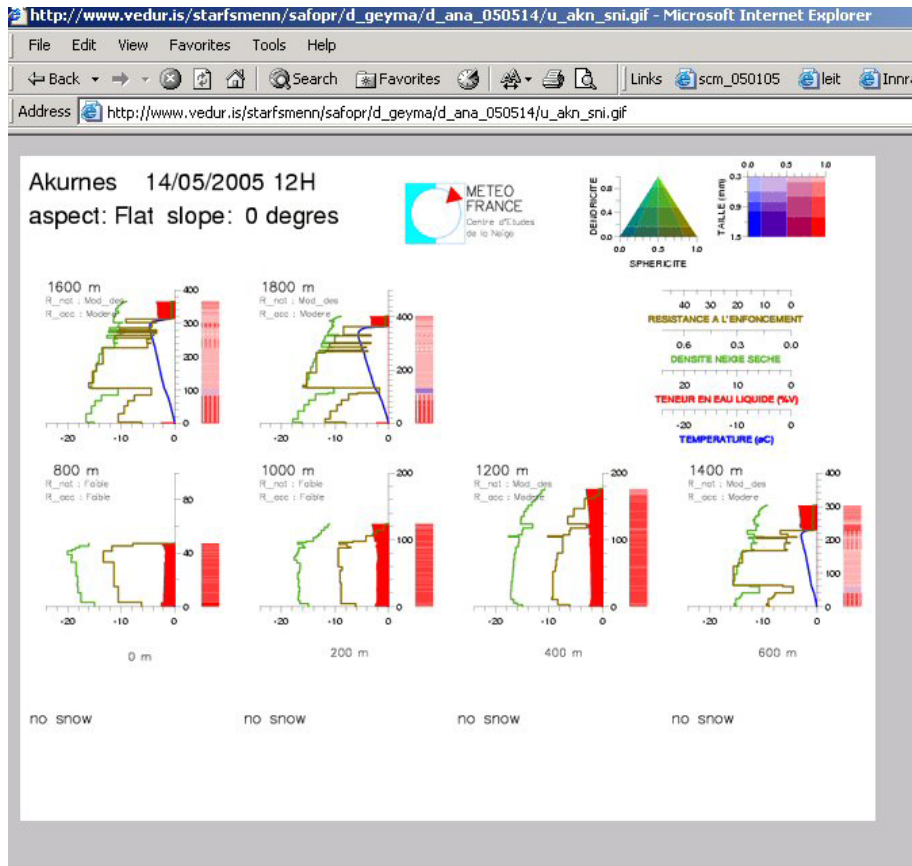
Mynd 5. Snjósnið í mismunandi hæð 13. janúar 2005, daginn sem snjóflóð féll á gamla bæinn á Hrauni í Hnífsdal.

Líkönin sýndu töluverða hættu þessa daga (Mynd 5), en drógu helst til fljótt úr henni. Fljótlega hafði vöktun verið hætt fyrir Ísafjörð og Hnífsdal, aðallega vegna þess að flest gil sem venjulega senda frá sér flóð í slíkum veðrum höfðu þegar gert það. Vöktun var haldið áfram fyrir Bolungarvík og nágrenni, en þar féllu stór flóð 6. janúar.

Líkönin greindu ekki að sama skapi snjóflóðahættu á sunnanverðum Vestfjörðum, en 3. og 4. janúar féllu spýjur á Patreksfirði. Þá daga jókst þó náttúrleg hættu skv. líkönunum úr mjög lítilli í litla hættu. Snjóflóðahætta vegna umferðar var mikil, sem táknar óstöðugleika í snjóþekjunni og að t.d. skíðamaður gæti komið af stað flóði. Mjög hvasst var af norðaustri og náði meðalvindur 29 m/s á sjálfvirkum mæli á Patreksfirði. Snjósöfnun hefur því orðið mikil ofan Patreksfjarðar í skafrenningnum. Veðurathugunum í Kvígindisdal var hætt haustið 2004 og líkankeyrslurnar voru því eingöngu byggðar á veðurgreiningu úr erlendu líkönunum. Varð nákvæmni útreikninga minni en þegar staðbundnar veðurathuganir nýttast í Safran, auk þess sem ekki var reiknað með skafrenningi.

Vegna þess að athugunum hefur verið hætt í Kvígindisdal hefur verið skilgreint nýtt svæði (massif), númer 12, Lambavatn á Rauðasandi, en sú veðurstöð er skammt sunnan við Kvígindisdal. Þar eru ekki eins tíðar veðurathuganir og voru í Kvígindisdal, en þó gefa þær Safran betra fóður en ef eingöngu er um gögn úr grófu líkönunum að ræða.

Um hvítasunu 2005 voruðu reyndir fjallamenn við mikilli snjóflóðahættu á Öraefajökli. Niðurstöður SCM-líkananna á Akurnesi sýndu snjóflóðahættu ofan 1000 m (Mynd 6).



Mynd 6. Snjósnið í mismunandi hæð (hér upp í 1800 m y.s.) á Akurnesi, nærri Höfn í Hornafirði, laugardag um hvítasunnuhelgi 2005.

Skoða má dæmi um niðurstöður á netinu í snjóflóðahrinunum, sem getið er um að ofan frá síðustu vetrum á

[http://www.vedur.is/starfsmenn/safopr/www\\_daemi/index.html](http://www.vedur.is/starfsmenn/safopr/www_daemi/index.html)  
eða velja SSCM-dæmi á <http://www.vedur.is/~svana/>

## Vefviðmót

Annar meginþáttur verkefnisins var að setja upp nýtt vefviðmót. Gekk sá hluti verkefnisins vel og er lokið. Handbók um vefinn var endurskrifuð að mestu leyti (Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, 2005). Vefkerfi, sem hafði verið hannað fyrir úrkomu og skriðuspár var aðlagð fyrir niðurstöður úr SSCM-líkönunum. Myndirnar sem birtast í daglegri greiningu og 24 stunda spá eru snjóflóðahætta, snjódýpt, snjósnið í mismunandi hæð og kristallaþróun í 600 m y.s., auk þess sem niðurstöður snjósniða með skafrenningi birtast fyrir valda staði í 600 m y.s. Skafrenningur er ekki reiknaður með 24 klst. spá. Myndirnar hafa verið kvarðaðar til samræmis við skjáinn og val er allt auðveldara en var fyrr.

Tímaröð er sú nýjung í skjámyndunum, sem nýtist sérstaklega vel. Skoða má 7 daga þróun, þ.e. auk niðurstaðna í dag og spá fyrir morgundaginn má skoða -5, -4, -3, -2 daga og -1 dag, þ.e. í gær. Þetta nýtist sérstaklega vel

þegar snjósnið eru skoðuð, þar sem þróun sést næstum eins og á hreyfimynd.

Vefhlutinn hefur nú verið fluttur á svæðið <http://www.vedur.is/~safopr>. Þar er hluti myndanna geymdur svo skoða má niðurstöður aftur í tímann. Eins og áður kom fram hafa leiðbeiningar um vefhlutann (Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, 2005) þegar verið gefnar út, þar sem sagt er frá skjámyndunum og hvernig og hvað má skoða og eru þær jafnframt í hjálp kerfisins.

## **CrocusMepra PC**

Hugbúnaðurinn CrocusMepra PC er einfaldari útgáfa af SCM-líkönunum þar sem starfsmenn snjóflóðavarna eða snjóathugunarmenn geta sett inn upplýsingar úr snjógryfjum og veðurspá og reiknað þróun snjóþekjunnar. Í stað þess má setja inn upplýsingar um þróun veðurs eftir á og þá á að fást út þróun snjóþekjunnar, sem bera má við næstu gryfju.

Eftir heimkomuna frá Frakklandi var handbók um forritið endurskrifuð að hluta og þýdd að hluta, auk uppsetningarbæklings (Giraud og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, 2005a og b).

Í ensku útgáfunni af CrocusMepra PC eru enn einhverjar þýðingarvillur. Keyrsluhæfi hugbúnaðurinn er þýtt (compiled) forrit og verður að leiðrétta það í Frakklandi þar sem frumhugbúnaðurinn er til. Enska útgáfan af CrocusMepra PC er þó vel nothæf og verður prófuð fyrst af litlum hópi, en síðan dreift til snjóathugunarmanna og annarra áhugasamra notenda.

## **Tilraunaforrit**

Í ferð aðalhöfundar greinargerðarinnar til Frakklands var hafin uppsetning hugbúnaðar til að gera tilraunakeyrslur án þess að þurfa að raska daglegum keyrslum. Forritin fyrir daglegu keyrslurnar eru þannig gerð að keyrslan er gerð fyrir öll svæði frá 1. ágúst hvert ár og er ekki hægt að takmarka sig við stað eða tímabil. Jafnframt er aðeins hægt að keyra forritin fyrir þá staði/massif sem hafa fyrirfram verið skilgreind. Með tilraunaforritunum á að vera hægt að skilgreina stað, eins og í PC útgáfunni, og skoða þar niðurstöður fyrir mismunandi stillingar án þess að það taki mjög langan tíma. Tilraunaforritin voru ekki hluti þessa verkefnis, en þegar þau komast í gagnið ætti að vera fljótlegra að gera prófanir án þess að raska daglegum keyrslum.

## **Helstu niðurstöður**

Niðurstöður líkananna eru þegar orðnar góður stuðningur við greiningu og spá um snjóflóðahættu. Í janúar 2005 var allmikil snjóflóðahrina um norð-vestanvert landið og féllu nokkur stór flóð. Líkönin sýndu óstöðugleika og náttúrulega snjóflóðahættu og gáfu nú miklu betri raun en í hrinum tveggja vetra, 2000-2002, sem unnið var nákvæmlega úr fyrir Bolungarvík. Eftir skoðun niðurstaðna veturna 2003-2004 og 2004-2005 virðist sem almennt greini SCM vel miklar snjóflóðahrinur með fremur stórum flóðum, en greini ekki endilega minni hrinur. Meiri snjóflóðahrinur urðu tvo síðastliðna vetur en veturna 2000-2002. Niðurstöður fyrir veturinn 2001-2002 höfðu verið greindar fyrir allt landið og bornar saman við skráða atburði (Svanbjörg Helga Haraldsdóttir og Haraldur Ólafsson, 2002). Veturinn 2000-2001 var

auk þess greindur fyrir norðanverða Vestfirði og gerð sérstök grein fyrir þessum tveim vetrum á því svæði (Svanbjörg Helga Haraldsdóttir o.fl., 2004). Þar var sýnt fram á að nýta mætti fjallavind með niðurstöðum líkananna á snjóflóðahættu vegna umferðar til að fá fram kerfi til að greina snjóflóðahættu.

Þó greining líkananna á náttúrulegri snjóflóðahættu veturna tvo á norðanverðum Vestfjörðum væri óviðunandi með nýju stillingunum í Mepra, sýndu þau oft vaxandi snjóflóðahættu frá mjög lítilli í litla þegar snjóflóð féllu.

Segja má að aðalatriðið sé að sjá mikla snjóflóðahættu og fylgjast með þróun hennar, þar sem hætta gæti skapast og þar virðast líkönin skila góðum árangri. Til að treysta áreiðanleika líkananna hefði þurft að reikna aftur og fá niðurstöður fyrri ára með Sytron og bera saman snjóflóðahættu samkvæmt líkönunum og atburði í náttúrunni. Eftir slíkan samanburð ætti að vera hægt að stilla líkönin nógu vel til að greina einnig snjóflóðahættu fyrir lítil og meðalstór flóð.

Framsetning á netinu er skemmtileg og sérstaklega er gott að geta skoðað þróun í tíma, alls 7 daga tímabil.

## **Framtíð líkananna og þróun**

### **Þróun**

Mikilvægt skref til að reikna þróun á snjóþekjunnar á Íslandi er að taka tillit til skafrennings og varla er hægt að reikna án skafrennings ef gefa á raunsanna mynd. Sytron ætti að gera niðurstöður enn raunhæfari og mun reyna á það í næstu snjóflóðahrinum.

Líkönin reikna út þróun snjóþekjunnar í punkti, en hér er reynt að bera líkanniðurstöður saman við snjóflóð sem falla á allnokkuð stóru svæði.

Sýnt hafði verið fram á mikilvægi skafrennings í grein um kerfi til að spá snjóflóðahættu þar sem hvasst er (Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, 2004). Mikilvægi skafrennings er óumdeilanlegt í tengslum við snjóflóðahættu. Fylgjast þarf með niðurstöðum næstu vetur og sjá hvernig greining á hættu verður í mismunandi snjósniðum á sama stað, þ.e. minnsta, meðal og mesta sniði.

Ekki hefur gefist færi á að skoða betur og stilla greiningu á snjóflóðahættu, sem eflaust mætti bæta þegar um vindbarða fleka er að ræða. Þetta verður verðugt verkefni þegar fylgjast má með daglegum niðurstöðum með skafrenningi úr líkönunum.

Niðurstöður líkananna yrðu raunhæfari með því að byggja á athugunum frá fleiri veðurstöðvum en einni á hverju svæði. Í Frakklandi er byggt á mörgum snjó- og veðurathugunum og reiknað fyrir mismunandi viðmót hlíða. Hér er slíkt ekki hægt vegna þess að byggt er á athugun frá einni veðurstöð fyrir hvert svæði. Úrkomumælingar eru erfiðar viðureignar og þekkt er að úrkoman er mjög breytileg milli nálægra staða, eins og kom fram í fyrri vinnu við líkönin (Svanbjörg Helga Haraldsdóttir o.fl., 2004). Þar kom fram að mæld úrkoma í Bolungarvík var stundum miklu minni en mældist á nálægum úrkomustöðvum. Í slíkum tilfellum gæti úttak úr

veðurlíkani með þétt reikninet skilað nákvæmari upplýsingum um bæði vind og úrkomu.

Til að gera tilraunir og aðlaga líkönin enn betur, þarf í náinni framtíð að koma tilraunaforritunum í keyrsluhæft form. Hægt er að velja eitt svæði (massif) og nokkra daga, eða setja inn gögn, s.s. hnit og hæð fyrir stað þar sem eru grafnar snjógryfjur og fá þar staðbundnar niðurstöður. Þetta er einfaldasta leiðin til að bera saman gögn úr snjógryfjum og úr líkönunum, eins og birt var í grein um þróun og niðurstöður SCM í Frakklandi (Durand o.fl., 1999).

Geymsla gagna á netinu nýtist vel við rannsóknir þar sem má fletta aftur í tímann. Einnig má geyma með tímanum fleiri dæmi um snjóflóðahrinur, sem skoða má á sama hátt og daglegu keyrslurnar, alls 7 daga tímabil.

CrocusMepra PC ætti að nýtast snjóathugunarmönnum vel og einnig má nota það til rannsókna. Íslenskar stillingar eru ekki að öllu leyti í PC-útgáfunni og þyrfti því að bera saman þróun snjósniða úr daglegu keyrslunum og CrocusMepra PC til að sjá áhrifin. Setja má inn reiknað snjósnið úr daglegum keyrslum í PC-líkönin sem og upplýsingar um veður og reikna þar þróunina. Síðan þarf að bera saman þessi tvö reiknuðu snið. Einnig mætti bera þau saman við snið úr snjógryfjum í nágrenni við stöðina, þar sem reiknað er.

## Lokaorð

Verkefnið var styrkt af Rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar og gerði styrkurinn kleift að koma skafrenningslíkaninu í notkun. Veðurstofan lagði til tölvubúnað og aðstöðu. Verkefnið naut einnig Jules Verne ferðastyrks vegna samstarfs Frakklands og Íslands og sambærilegs styrks í Frakklandi. Tveir Frakkar komu til Íslands haustið 2004 og skömmu síðar fór aðalhöfundur greinargerðarinnar til Frakklands.

Halldór Björnsson fær kærar þakkir fyrir aðstoð við styrkumsókn. Barði Þorkelsson fær bestu þakkir fyrir yfirlestur. Samstarfið milli landa hefur, eins og fyrr, verið mjög ánægjulegt, en fjarlægðin mætti vera minni. Ferðin nýttust að sama skapi mjög vel.

## Heimildir

Brun, E., E. Martin, V. Simon, C. Gendre og C. Coléou. 1989. An energy and mass model of snow cover suitable for operational avalanche forecasting. *J. Glaciol.*, 35(121), 333-342.

Durand, Y., G. Giraud, E. Brun, L. Mérindol og E. Martin. 1999. A computer-based system simulating snowpack structures as a tool for regional avalanche forecasting. *J. Glaciol.*, 45(151), 469-484. (Erratum: 46(152), 2000, p. 173.)

Durand, Y., G. Guyomarc'h og L. Mérindol. 2001. Numerical experiments of wind transport over a mountainous instrumented site: I Regional scale. *Ann. Glaciol.*, 32, 187-194.

Durand, Y., G. Guyomarc'h, L. Mérindol og J.G. Corripio. 2004. Two-dimensional numerical modelling of surface wind velocity and

- associated snow drift effects over complex mountainous topography. *Ann. Glaciol.*, 38, 59-70.
- Flosi Hrafn Sigurðsson. 1990. Vandamál við úrkomumælingar á Íslandi. Í: Guttormur Sigbjarnarson (ritstjóri), *Vatnið og landið*. Orkustofnun, Reykjavík, 101-110.
- Førland, E.J., P. Allerup, B. Dahlström, E. Elomaa, T. Jónsson, H. Madsen, J. Perälä, P. Rissanen, H. Vedin og F. Vejen. 1996. Manual for operational correction of Nordic precipitation data. *DNMI Klima, Report*, nr. 24/96. Norwegian Meteorological Institute.
- Giraud, G. 1993. MEPRA: an expert system for avalanche risk forecasting. Í: Armstrong, R. (ritstjóri), *ISSW'92. A merging of theory and practice. International Snow Science Workshop, 4-8 October 1992, Breckenridge, Colorado. Proceedings*. Denver, CO, Avalanche Information Center, 97-104.
- Giraud, G. og J. P. Navarre. 1995. MEPRA et le risque de déclenchement accidentel d'avalanches. Í: *Proceedings of the International symposium: Science and mountain - the contribution of scientific research to snow, ice and avalanche safety, ANENA, 30 May - 3 June 1995, Chamonix, France*, 145-150.
- Giraud, G., J.-P. Navarre og C. Coleou. 2003. Estimation du risque avalancheux dans le système expert MEPRA. Grenoble, France. *Note de centre*, 20. Centre d'Etudes de la Neige, CNRM, Météo-France.
- Giraud, G. og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir. 2005a. CrocusMepra PC - Guide. An example from Iceland. *Veðurstofa Íslands – Greinargerð*, 05012. Reykjavík, 31 bls.
- Giraud, G. og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir. 2005b. CrocusMepra PC. Installation. *Veðurstofa Íslands – Greinargerð*, 05011. Reykjavík, 8 bls.
- Hanssen-Bauer, I., E.J. Førland og P.Ö. Nordli. 1996. Measured and true precipitation at Svalbard. *DNMI Klima, Report*, nr. 31/96. Norwegian Meteorological Institute.
- Haraldur Ólafsson og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir. 2000. *Hitamörk rigningar og snjókomu*. Rannsóknastofa í veðurfræði, Veðurstofu Íslands, Reykjavík, 11 pp.
- Haraldur Ólafsson og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir. 2003. Diurnal, seasonal, and geographical variability of air temperature limits of snow and rain. Í: *International Conference on Alpine Meteorology and MAP-Meeting (ICAM 2003), Brig, Switzerland, May 19-23 2003. Extended Abstracts*. Zurich, MeteoSwiss, 473-476.
- Starfsmenn snjóflóðavarna Veðurstofu Íslands, 2005. Snjóflóðahrina á Vestfjörðum 1.-6. janúar 2005. *Veðurstofa Íslands - Greinargerð*, 05010, Reykjavík, 27 bls.
- Svanbjörg Helga Haraldsdóttir. 2004. *Snow, snowdrift and avalanche hazard in a windy climate*. Háskóli Íslands, doktorsritgerð í jarðeðlisfræði, ISBN 9979-60-953-2. Reykjavík, 47+IX bls. auk 6 greina.

- Svanbjörg Helga Haraldsdóttir. 2005. Leiðbeiningar um Safran-Crocus-Meptra-Sytron. SSCM á netinu. *Veðurstofa Íslands – Greinargerð*, 05013, Reykjavík, 18 bls.
- Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, Haraldur Ólafsson, Y. Durand, L. Mérindol og G. Giraud. 2000. SAFRAN-Crocus snjólíkan - íslenskar aðstæður. Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands, apríl 2000, 46-48.
- Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, Haraldur Ólafsson, Y. Durand, G. Guyomarc'h og L. Mérindol. 2001. SAFRAN-Crocus snow simulations in an unstable and windy climate. *Ann. Glaciol.*, 32, 339-344.
- Svanbjörg Helga Haraldsdóttir og Haraldur Ólafsson. 2002. SAFRAN-Crocus-MEPRA í daglegri keyrslu 2001-2002. *Veðurstofa Íslands – Greinargerð*, 02038, Reykjavík, 20 bls.
- Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, Haraldur Ólafsson, Y. Durand, L. Mérindol og G. Giraud. 2002. SAFRAN-Crocus-MEPRA snjó- og snjóflóðahættulíkon við íslenskar aðstæður. Í: Ari Ólafsson (ritstjóri), *Eðlisfræði á Íslandi X*. Ráðstefna Eðlisfræðifélags Íslands, Reykjavík, 17.-18. nóvember 2001, 29-39.
- Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, Haraldur Ólafsson, Y. Durand, G. Guyomarc'h og L. Mérindol. 2004. A system for prediction of avalanche hazard in the windy climate of Iceland. *Ann. Glaciol.*, 38, 319-324.
- Tómas Jóhannesson, J.O. Larsen og J. Hopf. 1998. Pilot Project in Siglufjörður. Interpretation of observations from the winter 1996/97 and comparison with similar observations from other countries. *Veðurstofa Íslands – Greinargerð*, VÍ-G98033, Reykjavík, 25 bls.