

Einar Örn Ólason

Hámarks- og lágmarkshitakort fyrir Ísland

1 Inngangur

Nú þegar hafa verið gerð hjá Veðurstofu Íslands kort sem sýna meðalhita á landinu fyrir hvern mánuð [1, 2], frá 1961 til 1990. Erlendis er hefð fyrir því að gera svokölluð meðalhámarks- og meðallágmarkshitakort þar sem meðalhámarks- eða meðallágmarkshiti hvers mánaðar er sýndur¹. Þar sem munur á meðalhita og meðallágmarks- og meðalhámarkshita er lítill hér á landi má byggja þessi nýju kort á grunni þeirra eldri án mikillar fyrirhafnar. Hér verður aðferðin sem notuð var við gerð kortanna stuttlega skýrð og niðurstöður kynntar. Einnig verður skoðað hvernig má nota kortin til þess að skoða dægursveifluna og gera einfaldar dagatalningar.

2 Meðalhámarks- og meðallágmarkshitakort

2.1 Aðferðafræði

Við gerð meðalhámarks- og meðallágmarkshitakortanna voru notuð kort sem þegar höfðu verið gerð af meðalhita hvers mánaðar, \bar{T} . Þau kort voru gerð eftir línulegu hitalíkani og kringing brúunaraðferðinni (sjá [1, 2]). Þar sem munur milli meðalhámarks-/meðallágmarkshita (\bar{T}_{max} og \bar{T}_{min}) og meðalhita er lítill hér á landi ($\lesssim 5^\circ\text{C}$) var ákveðið að til einföldunar yrðu aðeins gerð svokölluð mismunakort fyrir meðalhámarks- og meðallágmarkshitann.

Mismunakortin eru gerð þannig að á hverri stöð er fundinn mismunur meðalhámarks- eða meðallágmarkshita og meðalhita, þ.e. $dT_{max} \equiv \bar{T}_{max} - \bar{T}$ og $dT_{min} \equiv \bar{T}_{min} - \bar{T}$. Dreifing þessa mismunar er svo reiknuð yfir allt landið með kringingaðferðinni. Mismunakortið sem þannig fæst má svo leggja við meðalhita-kortin sem til voru og fá þannig kort af meðalhámarks- og meðallágmarkshita, án þess að gera línulegt hitalíkan.

Við gerð mismunakortanna voru notuð hitagögn frá þeim 83 mönnum veðurathugunarstöðvum sem nægjanleg gögn voru til frá. Reikniritin sem notuð voru til að framkvæma sjálfa brúunina voru endurnýtt Matlab föll sem skrifuð höfðu verið til að gera meðalhitakortin. Notuð er svokölluð kringingaðferð með hreyfanlegu nágrenni (e. kringing with moving neighborhood) og gert er ráð fyrir að hálfdreifniritið (e. semivariogram) sé veldisvísifall (sjá nánari umfjöllun í [1, 3]).

Fyrir hvern mánuð var dT_{max} og dT_{min} reiknað í öllum stöðvum. Hálfdreifniritið fyrir þau gögn var reiknað og svo var mismunurinn brúaður yfir á 1440×480 punkta net. Við brúunina voru aðeins notaðir 7 næstu grannar brúunarpunktsins (í stað allra 83) en við það sparast mikill reiknitími án þess að skekkjan aukist að ráði.

¹Meðalhámarkshiti mánaðar er meðaltal hæsta hita allra daga mánaðarins, mældur með hámarkshitamæli og meðallágmarkshiti er samskonar stærð.

mánuður		$\max \sigma $	s_σ	σ_{95}
janúar	max	0,70	0,29	0,57
	min	0,94	0,39	0,76
júlí	max	1,3	0,39	0,76
	min	1,4	0,43	0,84

Tafla 1: Áætluð skekkja fyrir valda mánuði. Gildin sem eru merkt „max“ eru fyrir meðalhámarksshitakortin en „min“-gildin eru fyrir meðallágmarksshitakortin.

Skekkja í brúuninni í hverri veðurathugunarstöð var metin með því að reikna hálfdreifniritið fyrir allar stöðvar nema þá sem meta átti skekkjuna í. Síðan var kringaðferðin notuð til þess að reikna brúunargildi í þeirri stöð. Áætluð skekkja í brúuninni er þá munurinn á brúunargildinu og mældu gildi. Þetta ferli var svo endurtekið fyrir allar stöðvarnar.

Köllum nú mældu gildin $dT'_{max}(\mathbf{x}_n)$ og $dT'_{min}(\mathbf{x}_n)$ og reiknuðu brúunargildin $dT_{max}(\mathbf{x}_n)$ og $dT_{min}(\mathbf{x}_n)$ þar sem \mathbf{x}_n er staðsetningarvigur veðurathugunarstöðvarinnar. Þá má skrifa skekkjuna á forminu

$$\sigma_{max}(\mathbf{x}_n) = dT_{max}(\mathbf{x}_n) - dT'_{max}(\mathbf{x}_n) \quad (1)$$

eða

$$\sigma_{min}(\mathbf{x}_n) = dT_{min}(\mathbf{x}_n) - dT'_{min}(\mathbf{x}_n). \quad (2)$$

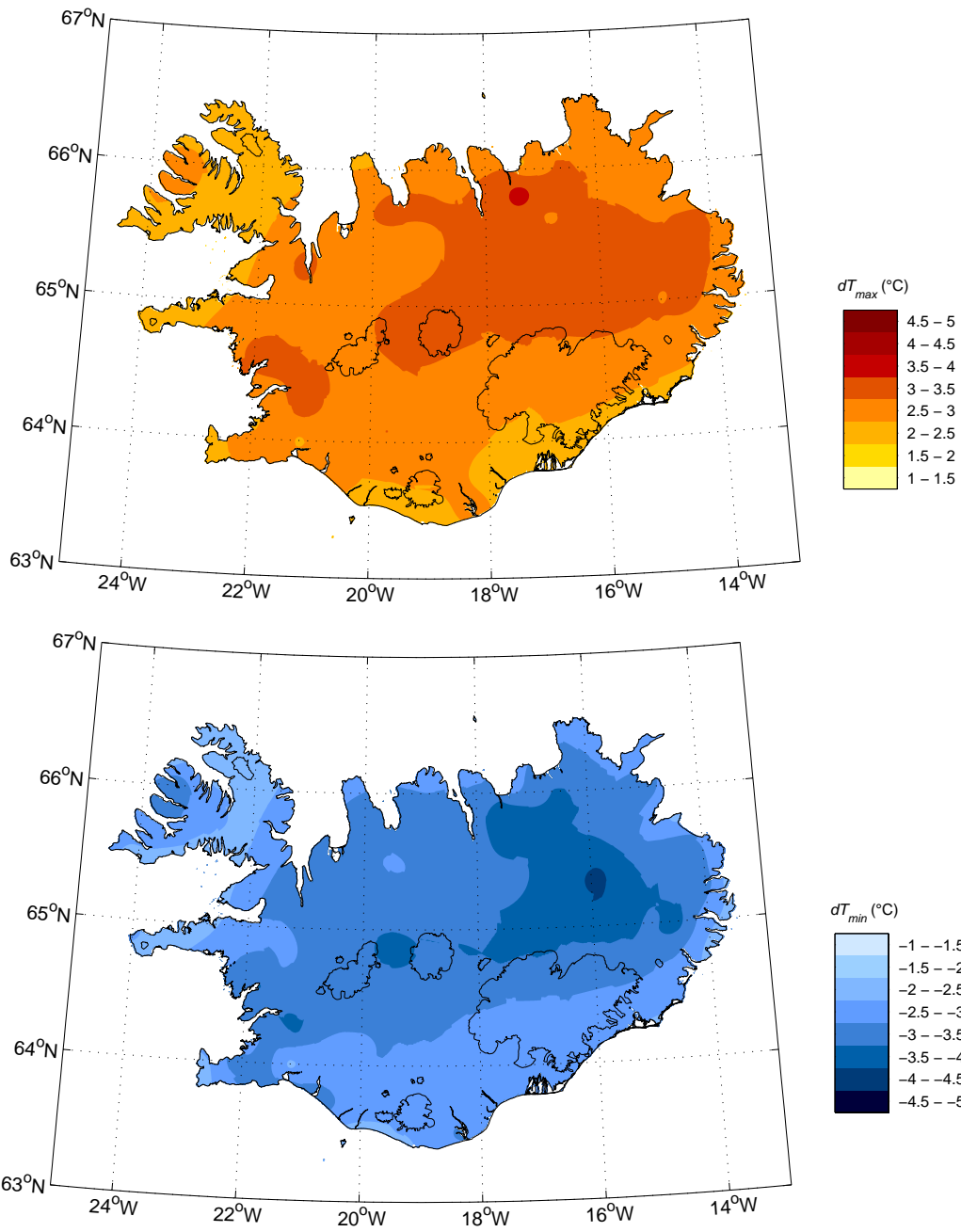
2.2 Niðurstöður

Matlab föllin `mism` og `teikna_dev` voru notuð til að reikna út og teikna upp mismunakortin. Á myndum 1 og 2 sjást mismunakort fyrir meðalhámarks- og meðallágmarks hita í janúar og júlí. Eins og við er að búast er mismunurinn mestur inn til landsins og minnkar svo þegar nær dregur ströndinni.

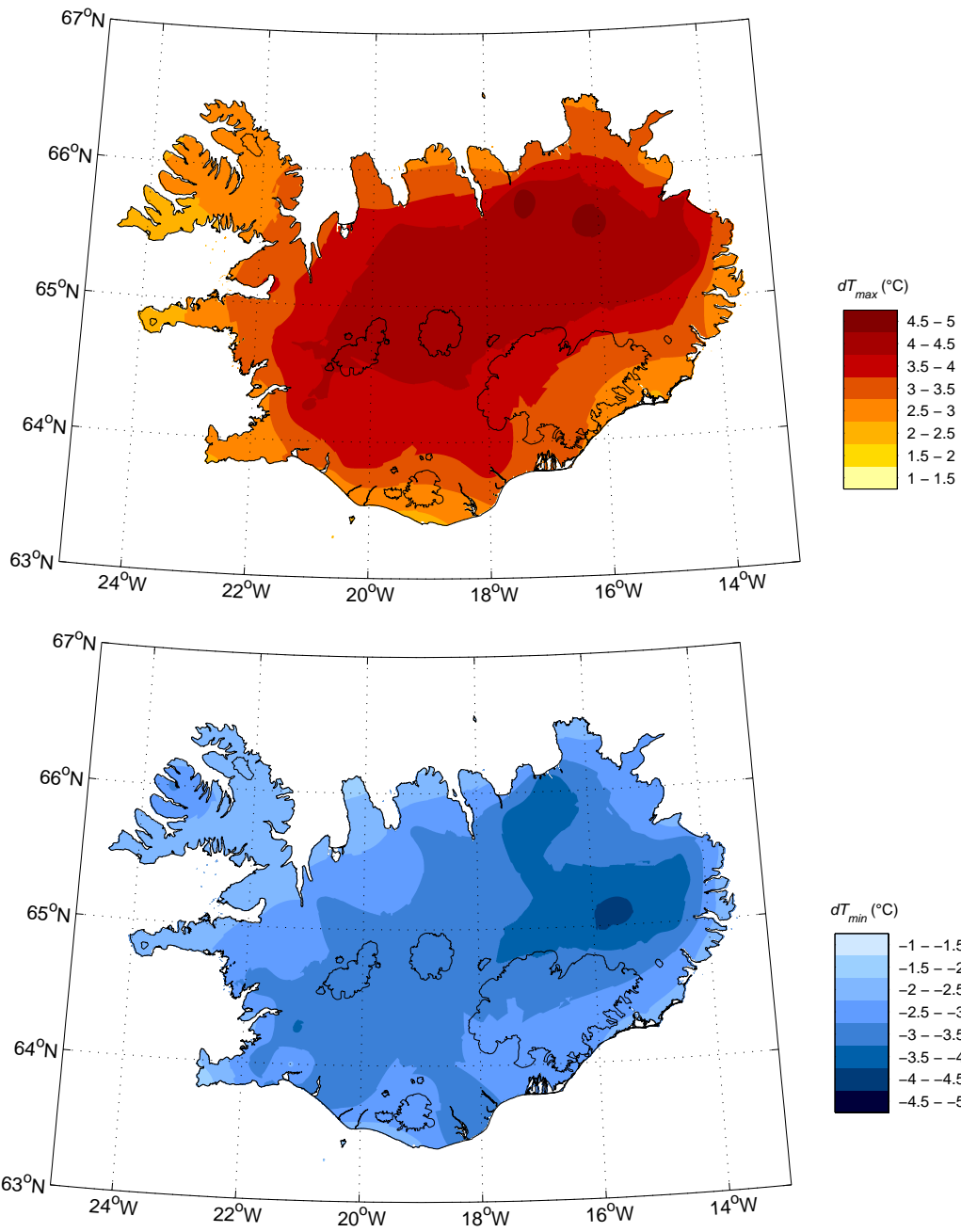
Fallið `mism` skilar líka skekkjumati fyrir valda mánuði. Á myndum 3 og 4 sést áætluð skekkja í hverri stöð í júlí og dreifing skekkjunnar, bæði fyrir meðalhámarks- og meðallágmarks hitakortin. Myndin er teiknuð með Matlab reikniritinu `crossval`. Myndin sýnir vel að áætluð skekkja í hverri stöð er lítil, eða innan við $1,5^\circ\text{C}$. Það sést hins vegar líka vel að inni á hálendinu eru mjög fáir mælipunktar svo ólíklegt er að kortin gefi mjög nákvæma niðurstöðu þar.

Í töflu 1 sést hámarks skekkjan, $\max|\sigma|$, og staðalfrávik skekkjunnar, s_σ , í janúar og júlí fyrir bæði meðalhámarks- og meðallágmarks mismunakortin. Sé gert ráð fyrir að σ sé normaldreift um 0 eru 95% vikmörkin við $\sigma_{95} \approx 1,96s_\sigma$. Vikmörkin eru einnig sýndi í töflu 1. Öll gildin eru ásættanlega lág fyrir þessa viðmiðunarmánuði.

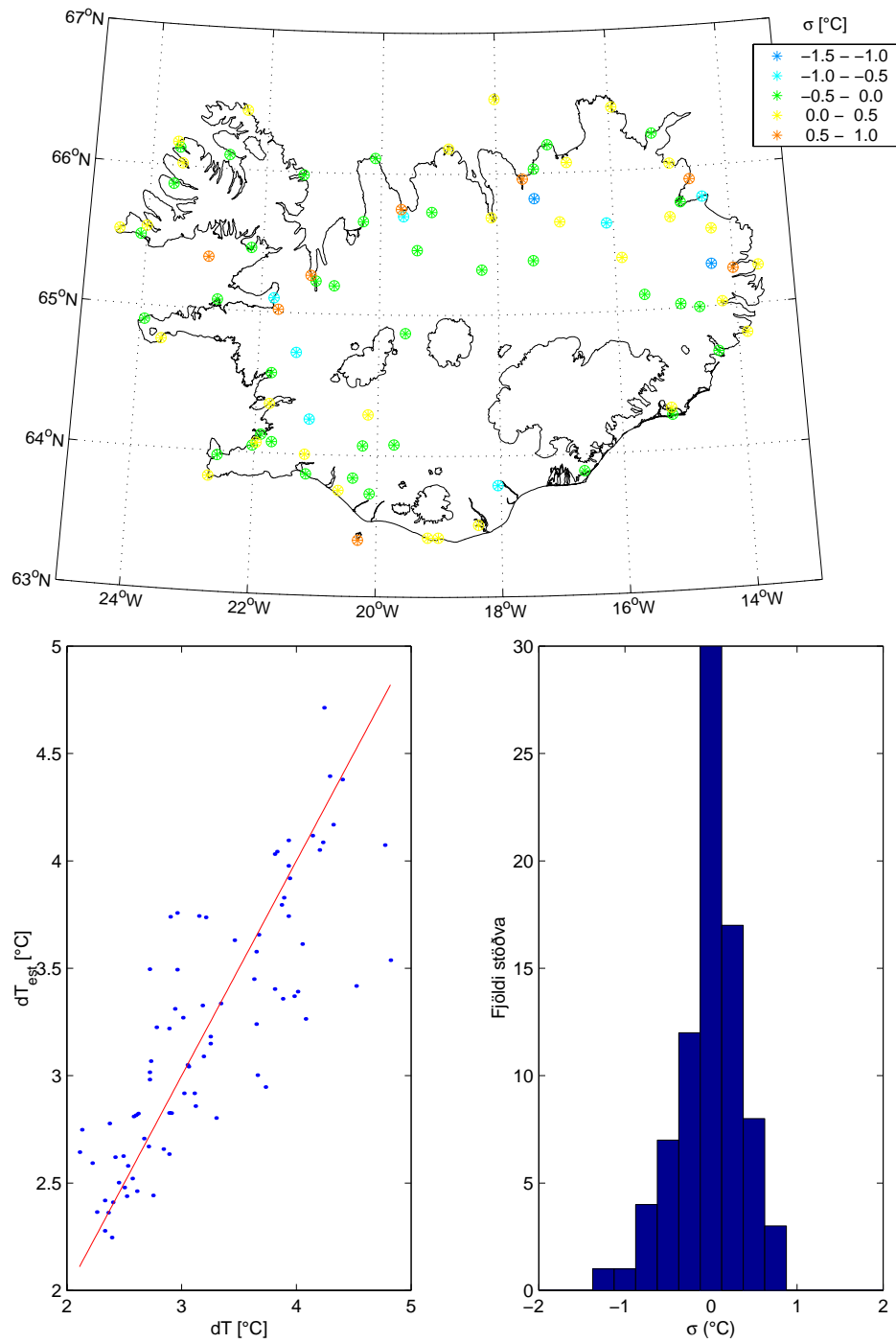
Meðalhámarks- og meðallágmarks hitakortin sjálf eru svo teiknuð með Matlab reikniritunum `teikna_max` og `teikna_min`. Kort fyrir janúar og júlí sjást á myndum 5 og 6. Við samanburð á þeim myndum og mismunakortunum sést greini-



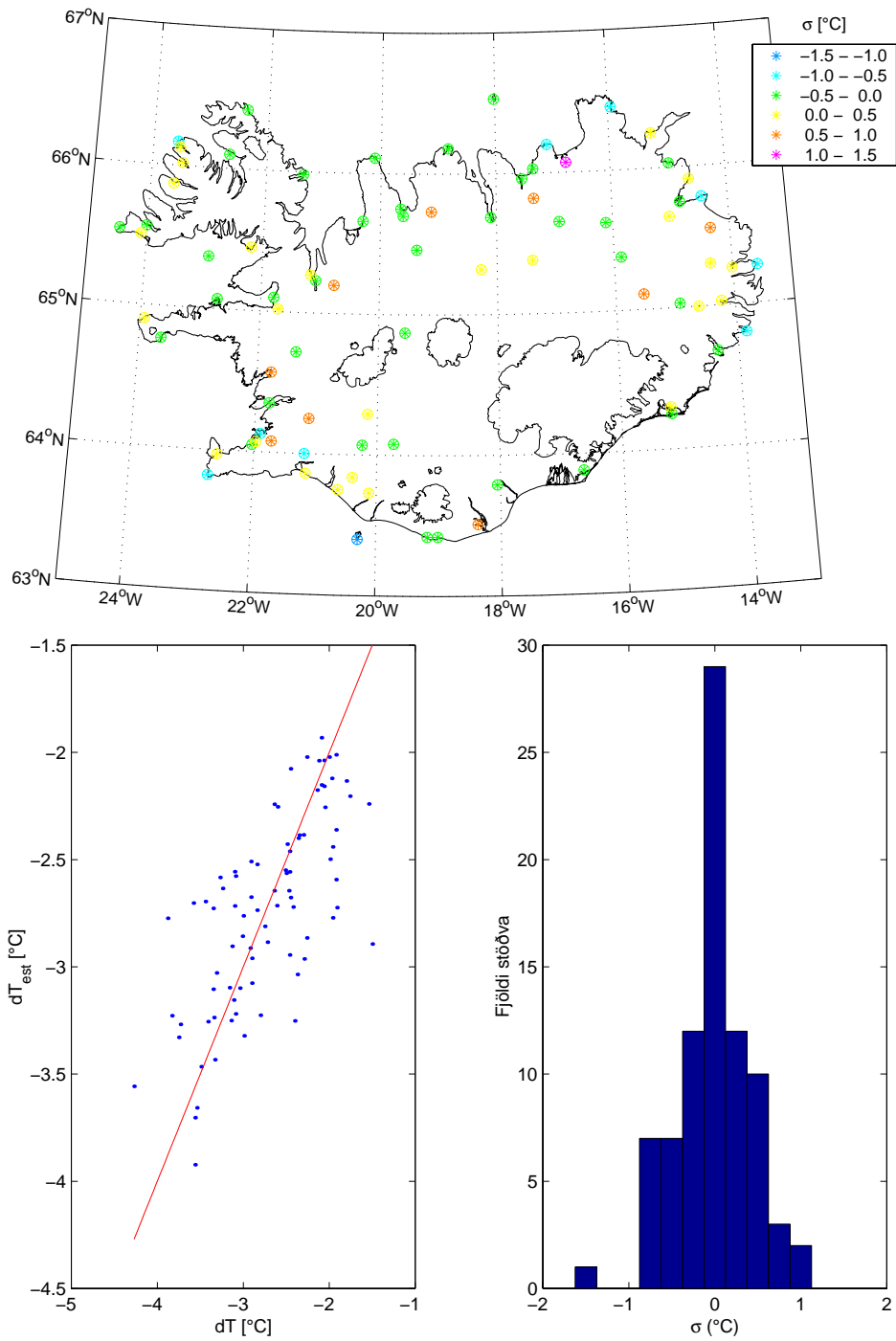
Mynd 1: Mismunakort fyrir janúar. Efra kortið sýnir meðalhámarksfráviknið dT_{max} , en það neðra dT_{min} .



Mynd 2: Mismunakort fyrir júlí. Efra kortið sýnir meðalhámarksfrávikidið dT_{max} , en það neðra dT_{min} .



Mynd 3: Áætluð skekkja í hverri stöð og dreifing skekkjunnar fyrir meðalhámarkshitakortið í júlí.



Mynd 4: Áætluð skekkja í hverri stöð og dreifing skekkjunnar fyrir meðallágmarkshita-kortið í júlí.

lega að nákvæmari breytingar hita með hæð eru til komnar vegna undirliggjandi hitalíkans.

3 Dægursveiflukort

Almennt er hægt að skilgreina spönn dægursveiflu hita á tvo mismunandi vegu. Annarsvegar má skilgreina hana út frá mælingum á sjálfvirkum stöðvum þar sem hiti er mældur einu sinni á klukkustund. Spönn dægursveiflunnar er þá skilgreind sem munur hæsta og lágsta hitastigs af 24 mæligildum dagsins.

Spönn dægursveiflunnar má svo líka skilgreina sem munur á hæsta og lágsta hita sólarhringsins. Þessi skilgreining er miðuð við mannaðar veðurathugunarstöðvar en þar er hámarks- og lágmarkshiti dagsins mældur með sérstökum hámarks- og lágmarkshitamælum. Samkvæmt þessari skilgreiningu er meðalspönn dægursveiflunnar í hverjum mánuði

$$T_{dv} = \overline{T_{max} - T_{min}} = \bar{T}_{max} - \bar{T}_{min} = dT_{max} - dT_{min} \quad (3)$$

og því er auðvelt að gera kort af meðalspönn dægursveiflunnar með því að nota mismunakortin. Fyrir nánari umfjöllun um dægursveiflu hita og muninn milli þessarar tveggja skilgreininga á spönn hennar er bennt á [4].

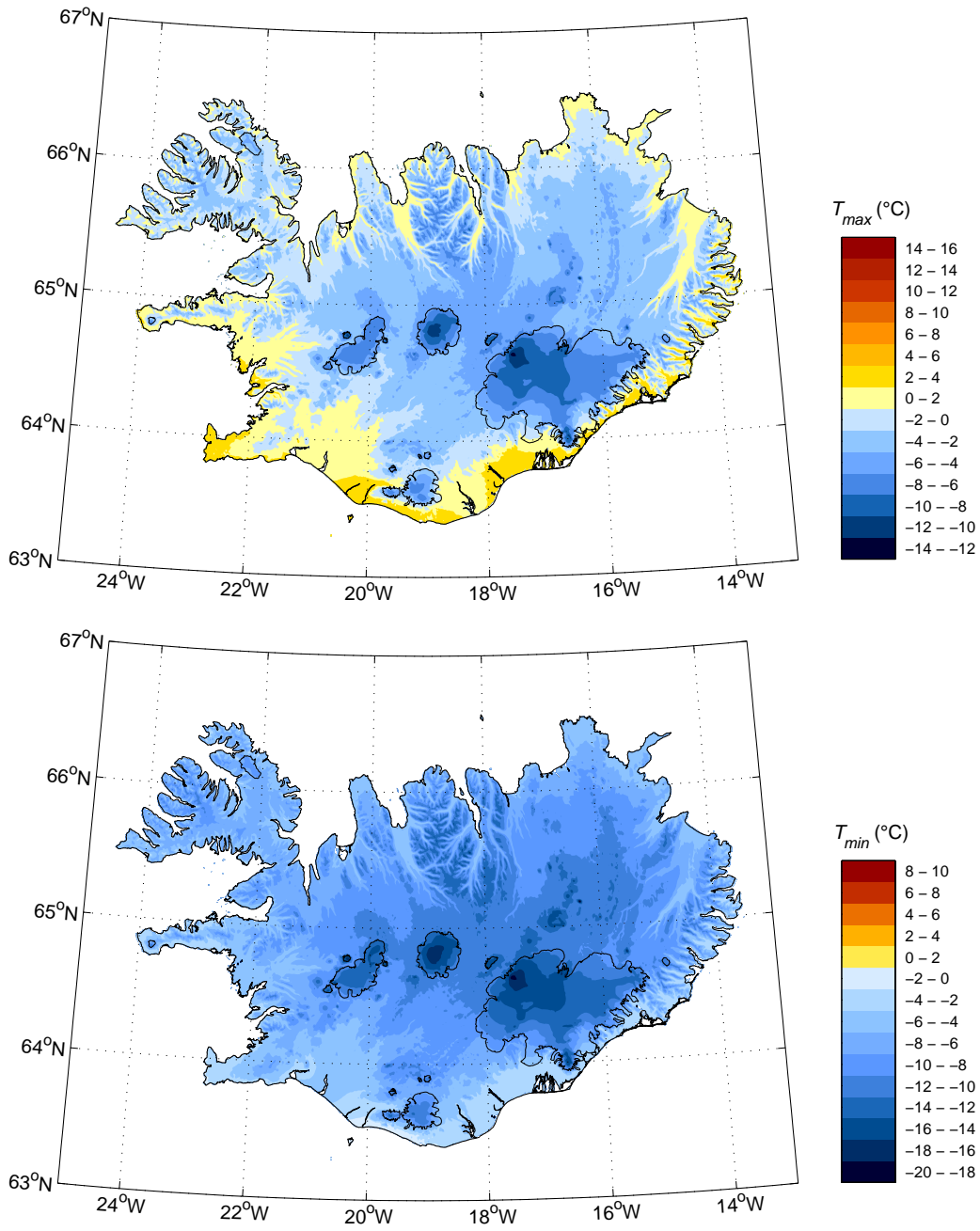
Kort af meðalspönn dægursveiflu hita fyrir janúar og júlí eru teiknuð á mynd 7. Kortin sýna að meðalspönn dægursveiflunnar er mest inn til landsins, eins og við mátti búast. Auk þess sýna þau meiri meðalspönn dægursveiflu Norðaustanlands heldur en annars staðar.

4 Dagatalningakort

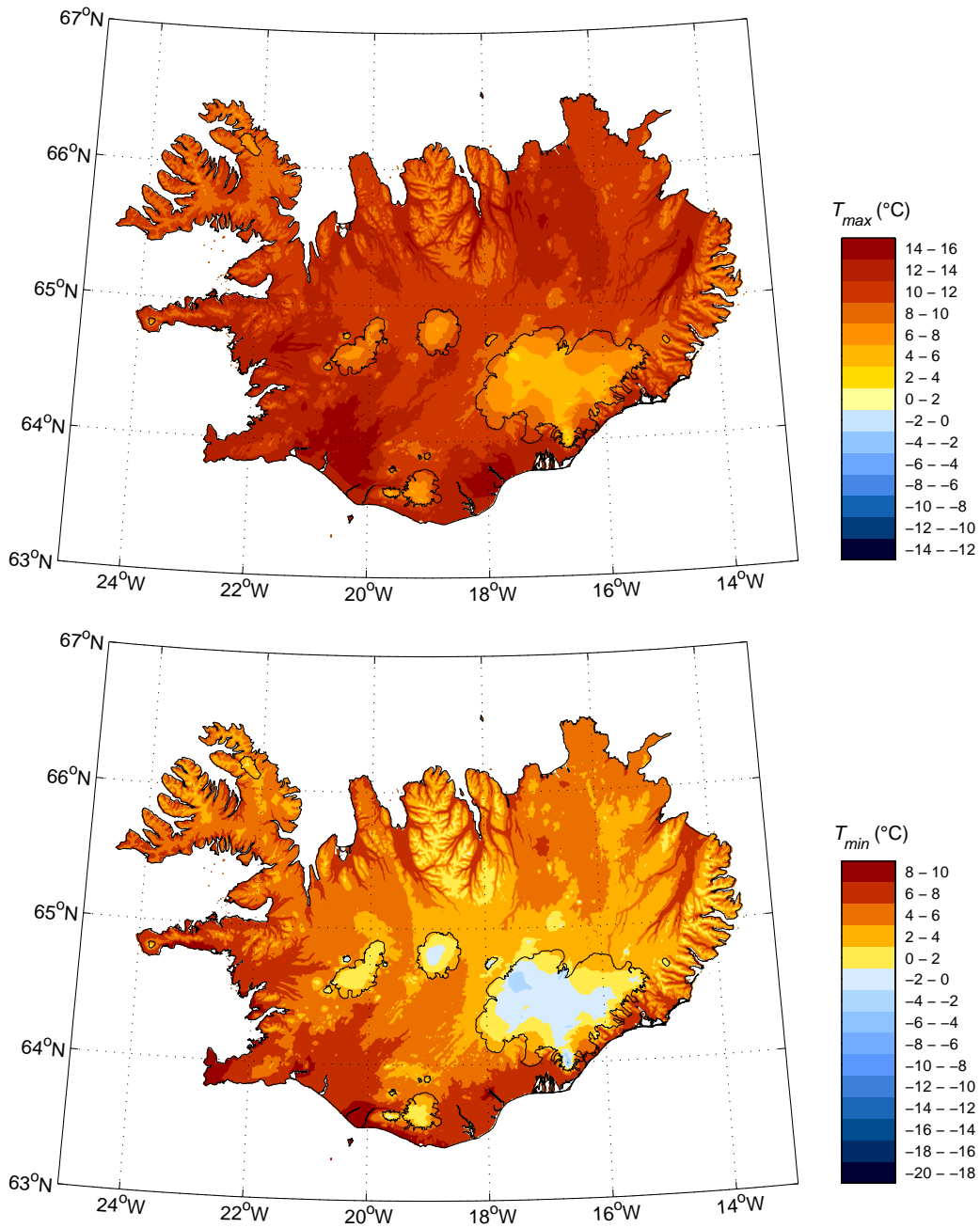
4.1 Aðferðafræði

Á Veðurstofunni hefur verið þróuð aðferð sem notar strekkta splæsibrúun til að áætla mjúka árstíðasveiflu út frá meðalhita hvers mánaðar [5, 6]. Aðferðin hefur þegar verið prófuð fyrir meðalhámarks- og meðallágmarkshita á 18 veðurathugunarstöðvum [6] og hún verður því notuð óbreytt hér.

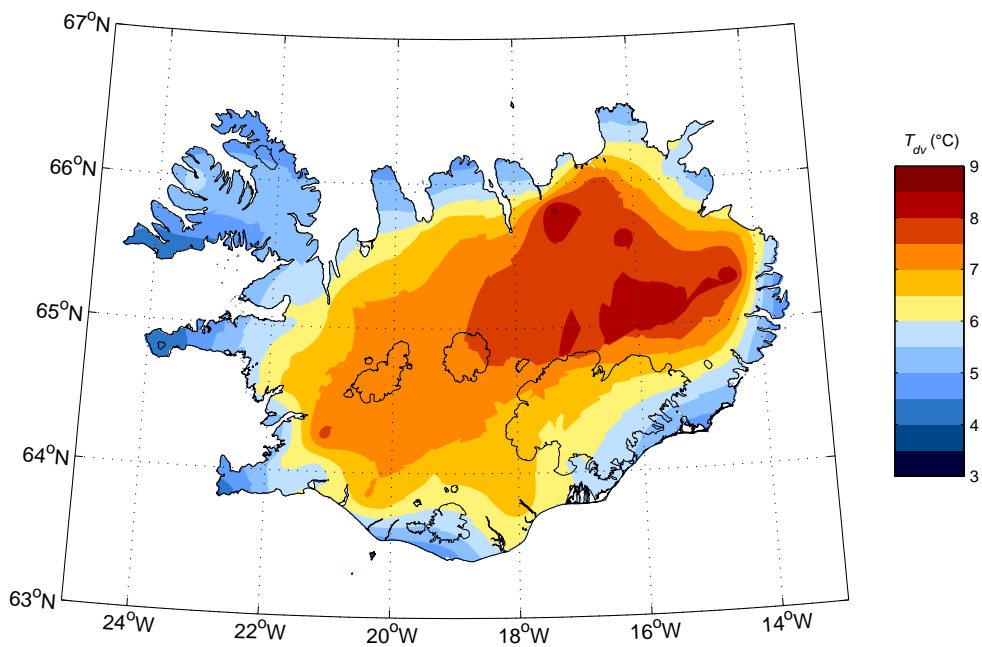
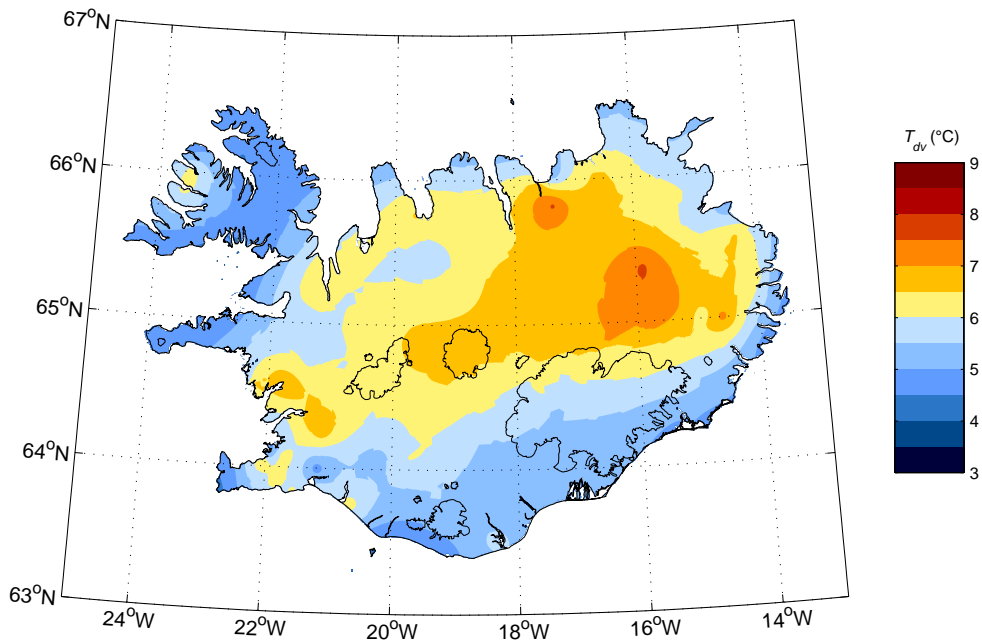
Þegar þessi aðferð er notuð fæst mjúk lína í gegnum gögin fyrir meðalhita hvers dags á tímabilinu, eins og sést fyrir Raufarhöfn á mynd 8. Út frá mjúku árstíðasveiflunni má svo áætla hvaða dagur er að meðaltali hlýjasti eða kaldasti dagur ársins, hver meðalhitinn er þann dag og hve marga daga ársins hitinn er yfir eða undir ákveðnum þröskuldi \hat{T} . Eins og sést á mynd 8 fer hitinn í meðalári þó vel yfir meðalhita hlýjasta dags, eins og hann er reiknaður út frá mjúku árstíðarsveiflunni. Þar sést líka að talsverð skekkja getur komið fram í dagatalningunni. Til dæmis er mjúka árstíðasveiflan alltaf yfir 0°C á þessari stöð, en meðalhitiferillinn fer nokkuð oft niður fyrir frostmark. Hér verður þó ekki gerð tilraun til að leiðrétta fyrir þessari skekkju eða meta stærð hennar.



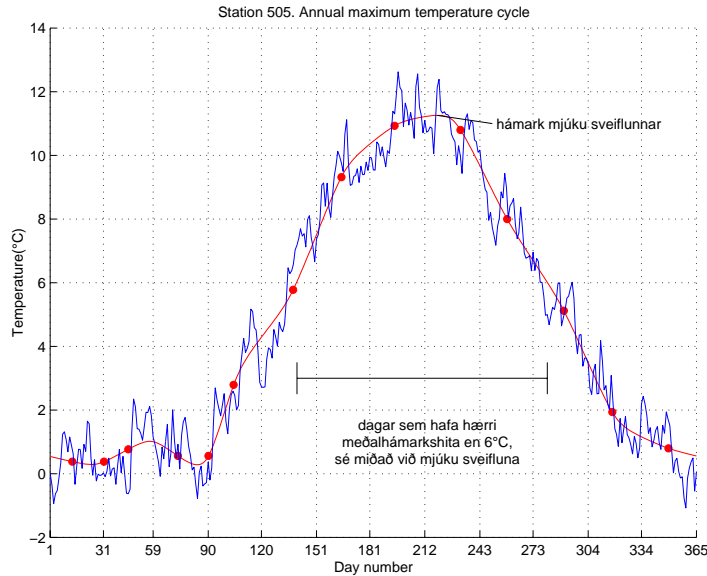
Mynd 5: Efra kortið sýnir meðalhámarkshita í janúar en það neðra meðallágmarkshita.



Mynd 6: Efra kortið sýnir meðalhámarkshita í júlí en það neðra meðallágmarkshita.



Mynd 7: Efra kortið sýnir meðalspönn dægursveiflu hita í janúar en það neðra sýnir meðalspönn dægursveiflunnar í júlí.



Mynd 8: Á myndinni sést meðalhámarkshiti á Raufarhöfn (blá lína) og mjúka árstíðarsveiflan sem teiknuð hefur verið útfrá meðalhámarkshita hvers mánaðar (rauð lína). Rauðu punktarnir marka daga þar sem mjúka árstíðarsveiflan gefur meðalhita mánaðarins. Athugasemdum hefur verið bætt inn á mynd úr [6].

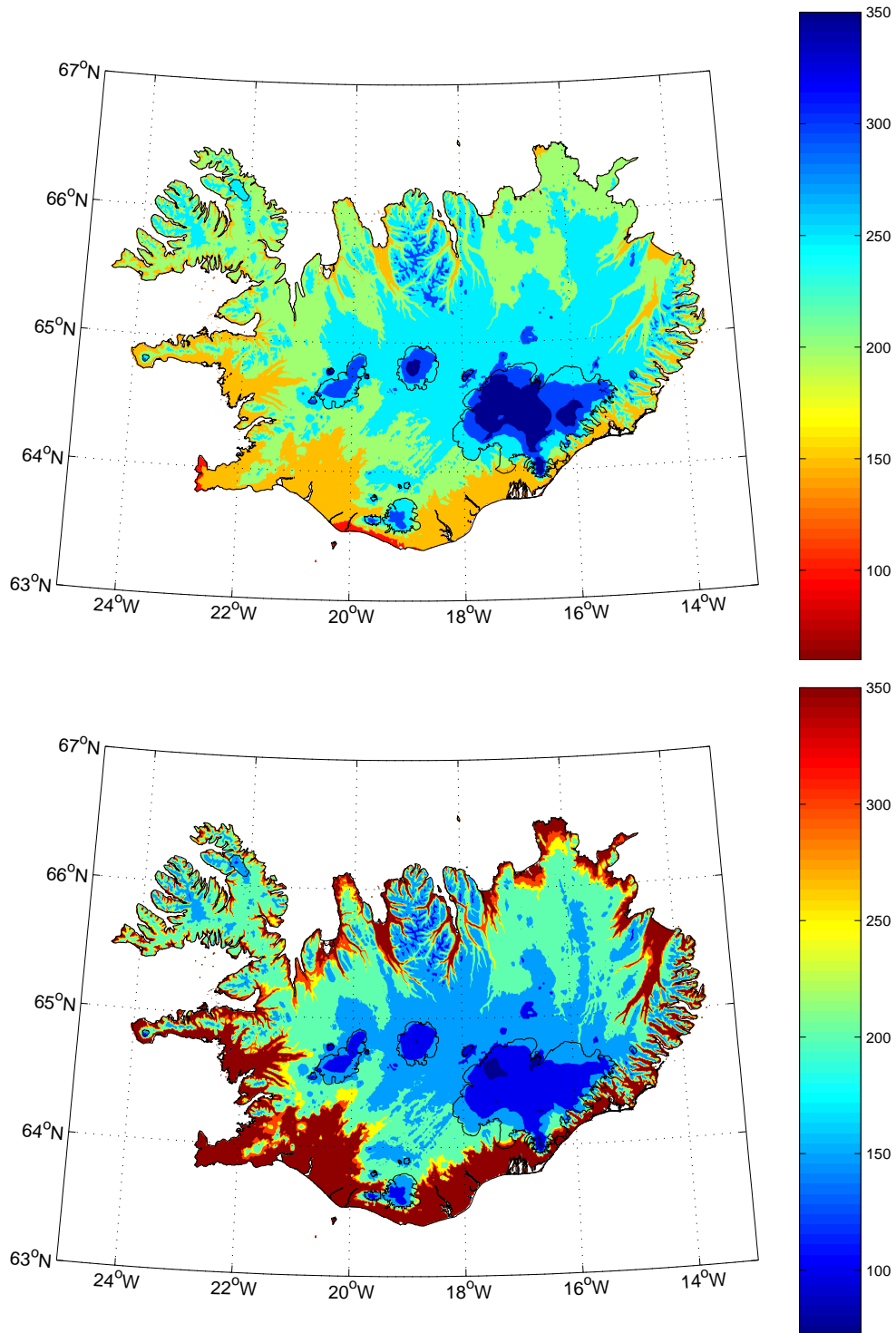
Til þess að framkvæma dagatalningarnar útfrá meðalhámarks- og meðallágmarskhita kortunum þarf því að búa til mjúka árstíðarsveiflu í gegnum hvern punkt á kortinu. Eðlilegast væri að setja þetta upp í $1440 \times 480 \times 365$ fylki. Slíkt fylki er hins vegar of stórt til að unnt sé að vinna með það í Matlab svo nauðsynlegt reyndist að hluta það niður í $96 \times 1440 \times 5 \times 365$ fylki og telja dagana í hverju fylki fyrir sig.

Matlab fallið `dcm_parts` sér um að hlaða `dat_t_mx.mat` eða `dat_t_mn.mat` og `dat_t_ev.m` gagnaskrárnar. Það kallar síðan á `tspline2.m` sem sér um að framkvæma brúunina fyrir einn punkt í netinu í einu. Þessi aðgerð er mjög minnisfrek, eins og áður sagði, svo hvert $1440 \times 5 \times 365$ fylki er geymt í skrá og síðan hreinsað úr vinsluminninu. Skrárnar sem þannig verða til eru síðan lesnar af Matlab fallinu `dcm_assemble.m` sem sér um að framkvæma dagatalninguna og finnur líka hlýjasta/kaldasta dag ársins í hverjum punkti og meðalhámarks- eða meðallágmarskhita þess dags.

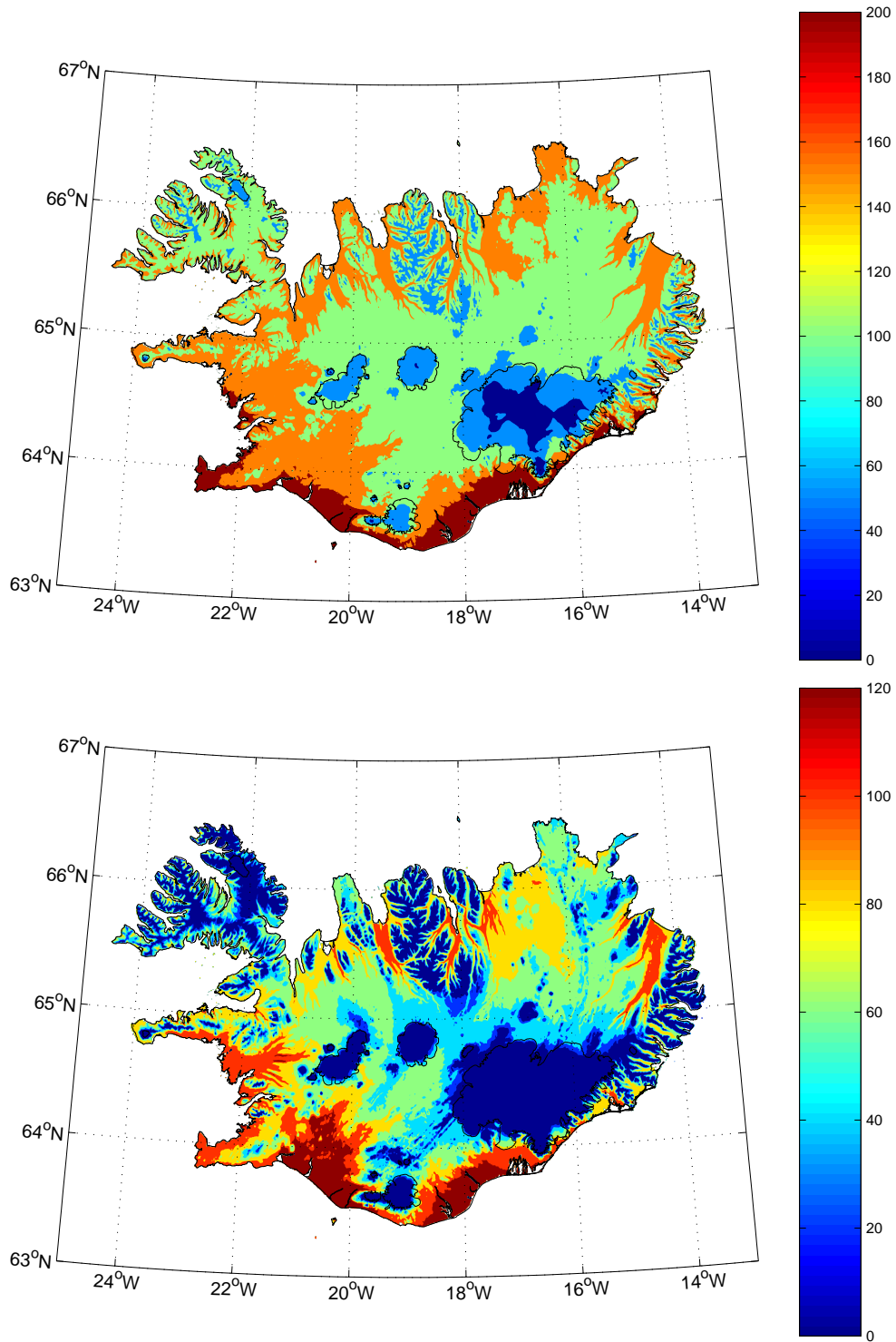
4.2 Niðurstöður

Fjöldi daga þar sem meðallágmarskhiti er undir frostmarki er teiknaður á efra kortið á mynd 9 og á neðra kortinu sést fjöldi daga þar sem meðalhámarkshiti er yfir frostmarki. Á mynd 10 sést svo fjöldi daga þar sem meðalhámarkshiti fer yfir 5°C og 10°C .

Mynd 11 sýnir júlíanskt númer og meðalhámarkshita hlýjasta dagsins og mynd



Mynd 9: Efra kortið sýnir fjölda daga þar sem meðallágmarkshiti er undir frostmarki en það efra fjölda daga þar sem meðalhámarkshitinn er yfir frostmarki.



Mynd 10: Efra kortið sýnir fjölda daga þar sem meðalhámarkshitinn er yfir 5°C og það neðra fjölda daga þar sem hann er yfir 10°C.

12 sýnir svo númer og meðallágmarkshita kaldasta dagsins. Til samanburðar eru í [2] kort af júlíönskum númerum heitasta og kaldasta dagsins reiknuð út frá meðalhita (en ekki meðalhámarks-/meðallágmarkshita eins og hér). Eins og við mátti búast er munurinn á kortunum í [2] og kortunum sem hér sjást hverfandi.

5 Umræða

Skekkjan sem fæst með því að fjarlægja einn punkt úr netinu og áætla svo hitastigið þar er vel ásættanleg. Það má því draga þá ályktun að mismunakortin séu nokkuð rétt fyrir staði sem eru í svipaðri hæð og fjarlægð frá sjó og flestar veðurathugunarstöðvarnar.

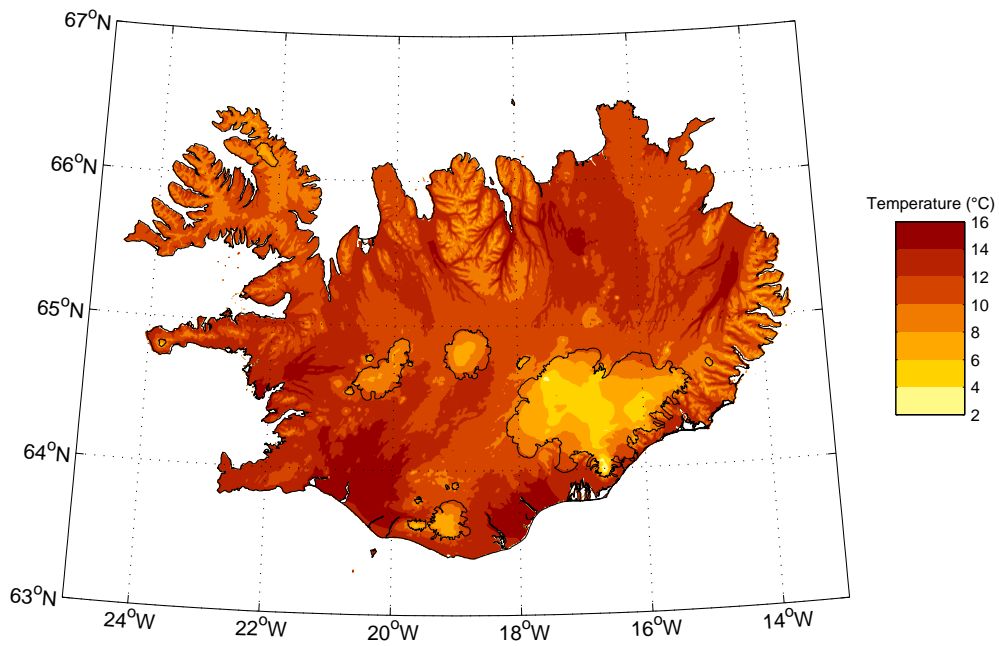
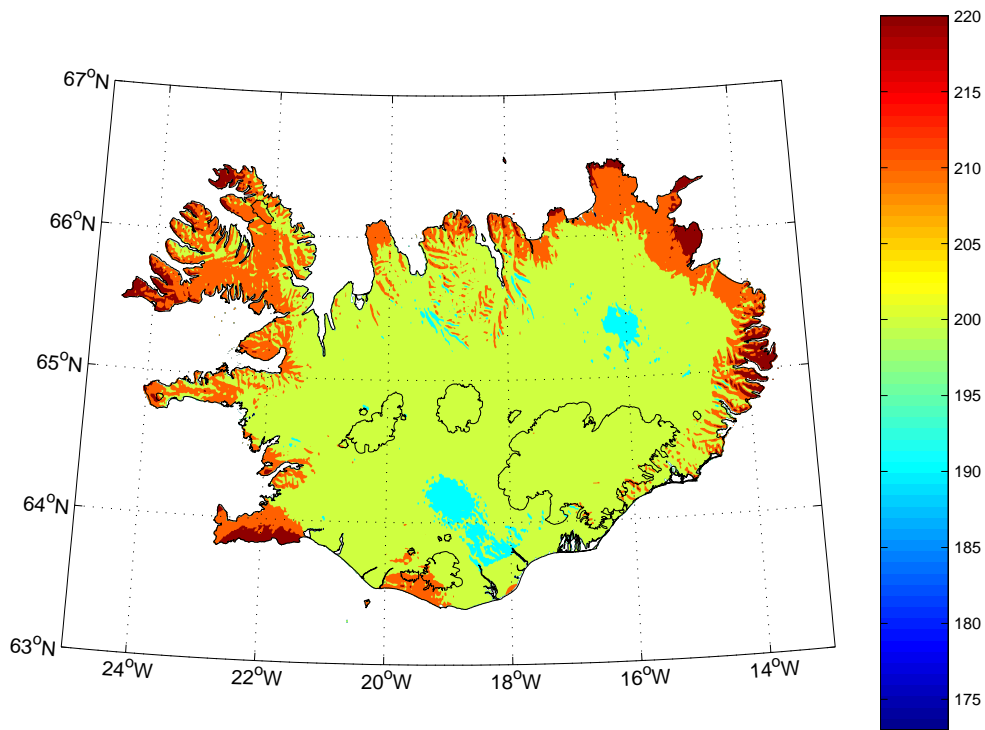
Langflestar stöðvarnar eru hins vegar við sjó og í innan við 100 m hæð. Það er því fyrirfram ekki víst að mismunakortin nái að lýsa vel hita á miðhálandinu eða uppi á fjöllum. Á móti kemur að við gerð meðalhitakortanna voru notaðar fleiri stöðvar og stöðvar sem eru hærra uppi. Hæsta stöðin sem notuð var við gerð meðalhámarks- og meðallágmarkshitakortanna er í u.þ.b. 640 m hæð (Hveravellir) meðan hæsta stöðin sem notuð var við gerð meðalhitakortanna er í u.þ.b. 950 m hæð (Gagnheiði). Notkun meðalhitakortana sem grunns gerir það því að verkum að meðalhámarks- og meðallágmarkskortin eru góð í ívið meiri hæð en ef aðeins hefðu verið notaðar þær 83 stöðvar sem notaðar voru til að gera mismunakortin.

Mismunakortin ná aftur ekki að fylgja vel snöggum breytingum í landslagi eins og á Vestfjörðum, Austfjörðum og Tröllaskaga. Ef $dT_{max/min}$ er mjög háð hæð yfir sjó þá týnast þau hrif alveg á þessum svæðum. Kortin gefa væntanlega líka brenglaða mynd af svæðinu sem er afmarkað af Vatnajökli og öræfunum norðan hans, Hofsjökli og Eyjafjallajökli en engin mönnuð veðurathugunarstöð er á því svæði. Það má því áætla að meðalhámarks- og meðallágmarkshitakortin lýsi vel hitafari á láglandi ($\lesssim 200$ m yfir sjó) en þegar ofar dregur eykst óvissan í kortunum hratt.

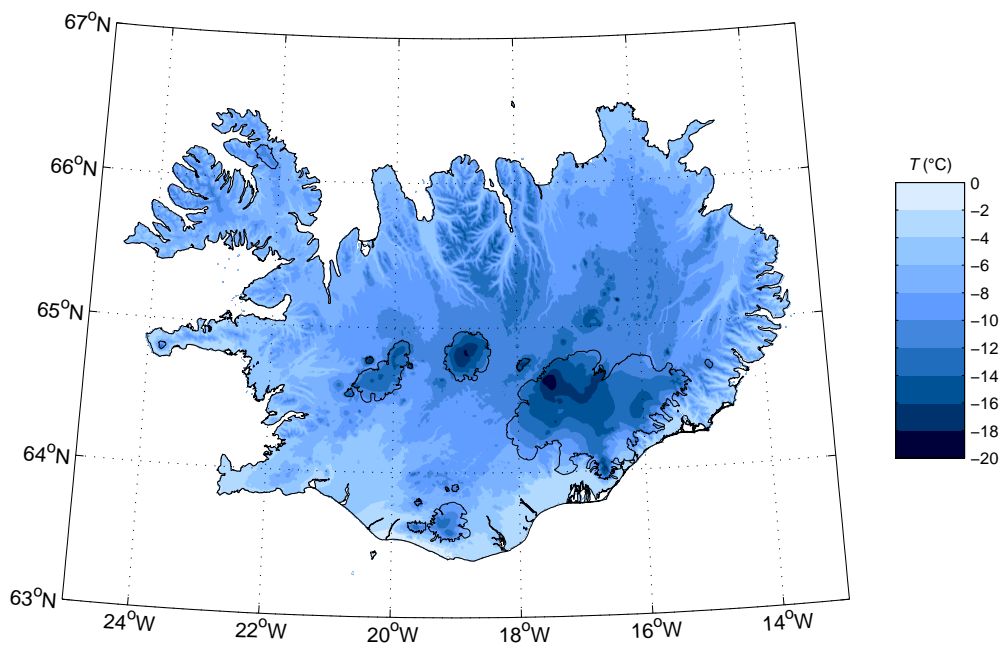
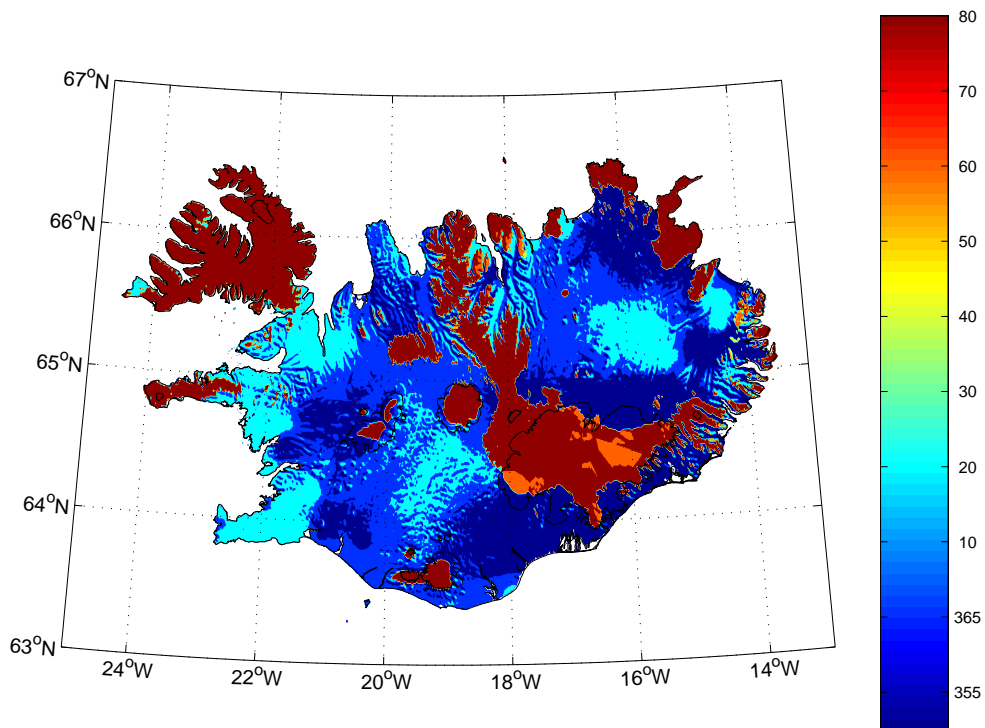
A Forrit og gögn

A.1 Gagnaskrár

Talsvert margar gagnaskrár eru notaðar við gerð meðalhámarks- og meðallágmarkskortanna. Þær eru þó flestar þær sömu og notaðar eru við gerð meðalhitakortanna og verða ekki útlistaðar hér. Einu skrárnar sem voru gerðar sérstaklega fyrir gerða kortanna eru `mx_normals.dat` og `mn_normals.dat`. Þær eru safn meðalhámarks- og meðallágmarkshita allra mánaða á öllum veðurathugunarstöðvum. Skrárnar eru settar upp á sama hátt og `st_normals.dat`, þ.e.a.s. dálkarnir innihalda stöðvarnúmer, lengd, breidd, hæð, mánuð og meðalhámarks-/meðallágmarkshita.



Mynd 11: Efra kortið sýnir júlíanskt númer hlýjasta dags ársins í hverjum punkti á netinu, meðan neðra kortið sýnir þess meðalhita dags.



Mynd 12: Efra kortið sýnir júlíanskt númer kaldasta dags ársins í hverjum punkti á netinu, meðan neðra kortið sýnir meðalhita þess dags.

A.2 Matlab stefjur

Hér eru listaðar þær Matlab stefjur sem voru skrifaðar sérstaklega til þes að gera meðalhámarks- og meðallágmarkshitakortin. Margar hverjar kalla á stefjur og gagnaskrár sem skrifaðar voru til að gera meðalhitakortin. Þær stefjur eru ekki í listanum, en lýsingu á virkni hverjar stefju má nálgast í Matlab með `help` skipuninni (`>> help nafn_stefju`).

`colorspace` Heldur utan um litasamsetningu á kortunum.

`crossval` Teiknar kort og gröf af skekkjumati sem gert er með `mism`. Stefjan kallar á `map_dev` og notar breytur úr `crossval_?.mat` frá `mism`.

`dcm_assemble` Fall sem telur daga fyrir ofan eða neðan ákveðinn hitastigsþröskuld, auk þess að finna hita og júlíanskt númer heitasta eða kaldasta dagsins. Fallið les `T_tsp_mx*.mat` skrárnar sem `dcm_parts` býr til.

`dcm_parts` Fall sem býr til mjúka árstíðarsveiflu með strektri splæsi aðferð (Steen Henriksen 2003), byggða á meðalhámarks- og meðallágmarkskortunum. Fallið notar gagnaskrárnar `dat_t_ev`, `dat_t_mx` og `dat_t_mn` auk þess að kalla á endurbætta útgáfu af `tspline`-forriti Steen (`tspline2`).

`draw_drange` Teiknar kort af meðalspönn dægursveiflu hitastigsins.

`draw_map_max` Teiknar meðalhámarkshitakort af Íslandi.

`draw_map_min` Teiknar meðallágmarkshitakort af Íslandi.

`draw_mv_max` Teiknar mismunakortin fyrir meðalhámarkshita.

`draw_mv_min` Teiknar mismunakortin fyrir meðallágmarkshita.

`mism` Fall sem reiknar út mismuninn $dT'(\mathbf{x})$ fyrir ýmist meðalhámarks- eða meðallágmarkshita. Út frá þeim er svo $dT(\mathbf{x})$ reiknað á neti fyrir allt landið. Reiknuðu gildi eru geymd í `dat_t_mx.mat` eða `dat_t_mn.mat` eftir því sem við á. Fallið `mism` sér líka um að framkvæma skekkjumati og eru niðurstöður þess geymdar í `crossval_mx.mat` eða `crossval_mn.mat` eftir því sem við á. Fallið kallar á `mean_year`, `semivar11`, `nlreg_e`, `krig11` og `estim_resid`.

`teikna_dev` Teiknar mismunakortin fyrir alla mánuði og líka fyrir árið. Kallar á `getgrid`, `draw_mv_max` og `draw_mv_min`. Notar breytur úr `dat_t_mx.mat` sem `mism` býr til og `dat_t_ev.mat` sem eru hitagildi á neti fyrir meðalhitakortin.

`teikna_drange` Teiknar kort af meðalspönn dægursveiflu hitastigsins fyrir alla mánuði og líka fyrir árið. Kallar á `getgrid` og `draw_drange`. Notar breytur úr `dat_t_mx.mat` og `dat_t_mn.mat` sem mism býr til.

`teikna_max` Teiknar meðallágmarkshitakortin fyrir alla mánuði og árið. Kallar á `getgrid` og `draw_max`. Notar breytur úr `dat_t_mx.mat` sem mism býr til og `dat_t_ev.mat` sem eru hitagildi á neti fyrir meðalhitakortin.

`teikna_min` Teiknar meðalhámarkshitakortin fyrir alla mánuði og árið. Kallar á `getgrid` og `draw_min`. Notar breytur úr `dat_t_mx.mat` sem mism býr til og `dat_t_ev.mat` sem eru hitagildi á neti fyrir meðalhitakortin.

`tspline2` Endurbætt útgáfa af `tspline` fallinu eftir Steen Henriksen [5], sem notar síðasta reiknaða brúunarferil til að giska á lag þess næsta.

Heimildir

- [1] Sigríður Sif Gylfadóttir. Spatial interpolation of Icelandic monthly mean temperature data. Report 03006, Veðurstofa Íslands, 2003.
- [2] Halldór Björnsson. The annual cycle of temperature in Iceland; The 1961 – 1990 average. Report 03037, Veðurstofa Íslands, 2003.
- [3] Sigríður Sif Gylfadóttir. Samanburður á brúunaraðferðum. Report 02016, Veðurstofa Íslands, 2002.
- [4] Trausti Jónsson. Sveiflur II, Vangaveltur varðandi dægursveiflu hita hér á landi. Greinargerð 02032, Veðurstofa Íslands, 2002.
- [5] Steen Henriksen. Report on the approximation of the annual cycle of temperature in Iceland. Report 03009, Veðurstofa Íslands, 2003.
- [6] Steen Henriksen. Applications of the tension spline method to 18 weather stations in Iceland. Report 03008, Veðurstofa Íslands, 2003.