

**GJÁLP 1997-2002:
MÆLINGAR Á ÍSSKRIFI OG VARMAAFLI**

**Magnús Tumi Guðmundsson
Þórdís Högnadóttir**

**Raunvísindastofnun Háskólans
Febrúar 2003
RH-02-2003**

ÁGRIP

Gjálpargosið í október 1996 var eitt af stærstu eldgosum á Íslandi á 20. öld. Gos í jöklum eru mjög algeng á Íslandi og hlaup þeim tengd hafa oft valdið tjóni og má búast við að svo verði áfram. Þar sem óvenju friðsælt hafði verið áratugina fyrir gosið fengust í Gjálp mikilvægar upplýsingar um gos í jöklum, ísbráðnun, jökulhlaup og myndun móbergshryggja. Allt frá goslokum hefur Raunvísindastofnun Háskólans mælt stærð og lögun sigdældarinnar í Gjálp og ísskrið inn í hana. Rúmmál dældarinnar náði 2,2-2,3 km³ snemma árs 1997 og breyttist lítið a.m.k. fram til 2002. Á þessu tímabili hefur dældin grynkað en einnig víkkað. Ísskrið inn til dældarinnar var mest fyrst en síðan hægði á til ársins 2000. Ísskrið frá norðri jókst mikið 2001 en úr því dró aftur 2002. Með því að tengja saman rúmmálsbreytingar, afkomu jökulsins á svæðinu og ísskrið inn í dældina er hægt að reikna bráðnun við botninn. Í ljós kemur að hún hefur verið um 0,1 km³ á ári frá 1997, eða 3 m³ s⁻¹. Þetta samsvarar um 1000 MW jarðhitafla sem er svipað og í Eystri Skaftárkatlinum. Ekki eru merki um að vatn hafi safnast fyrir í Gjálp þau sex ár sem liðin eru frá gosinu. Helst væru skilyrði til slíks á tveimur stöðum: Annars vegar við brattar hlíðar fjallsins sem myndaðist, og hins vegar þar sem gígurinn var í gosinu, þar er nú 40-50 m djúpur ketill í yfirborði jökulsins. Mögulegt er að skilyrði til vatnssöfnunar séu ekki fyrir hendi vegna þess að bræðsluvatn nái að hripa jafnharðan gegnum sundurlausan gosefnahauginn sem samanstendur að mestu úr gleri. Ummyndun yfir í móberg gæti þétt fjallið og skapað skilyrði til vatnssöfnunar, að því tilskildu að varmagjafinn verði þá enn fyrir hendi.

Efnisyfirlit

Ágrip	1
1. Inngangur	5
2. Mælingar	6
3. Niðurstöður	8
3.1. Stærð sigdælda	8
3.2. Ísskrið	8
3.3. Ísbráðnun og afl jarðhita	13
3.4. Borun 2001	17
3.5. Skilyrði til vatnssöfnunar	19
4. Lokaorð	19
5. Heimildir	20
Viðauki A: Mæilínur 1996-2002	23
Viðauki B: Mælingar á ísskriði	34
Viðauki C: Segulmæilínur 2002	38

1. INNGANGUR

Gjálpargosið í október 1996 (1. mynd) var fyrsta stóra eldgosið í jökli sem menn höfðu tök á að fylgjast með og rannsaka að einhverju marki. Gos í jöklum eru þó algeng hér á landi en talið er að þau séu rúmlega helmingur þekktra gosa á sögulegum tíma á Íslandi (Guðrún Larsen, 2002). Ástæða þess að litlar beinar athuganir voru til um hegðun slíkra gosa er sú að óvenju kyrrt hafði verið í íslenskum jöklum áratuginu fyrir Gjálpargosið. Í gosinu og með athugunum eftir það hafa fengist mikilvæg gögn:

- Um viðbrögð hveljökuls við eldgos, bæði myndun sigkatla og flæði íss inn að gosstöð.
- Um varmastraum frá eldgosu undir jökli.
- Um rennsli vatns með botni frá gosstað, vatnssöfnun og vatnsmagni.
- Um magn og gerð gosefna.
- Um lögun og stærð fjallsins sem myndaðist.

Gjálpargosið var með stærstu gosum 20. aldar á Íslandi. Rúmmál kviku var 0.45 km^3 af basaltísku íslandíti en þar sem kvikan tvístraðist að mestu í gler er rúmmál fjallsins 0.7 km^3 en annarra gosefna 0.1 km^3 . Allmargar greinar hafa verið skrifaðar um gosið og afleiðingar þess. Í þessum greinum er að finna lýsingu á atburðum og helstu afleiðingum (Hreinn Haraldsson, ritsj., 1997; Páll Einarsson og fl., 1997; Magnús T. Guðmundsson og fl., 1997), athuganir á ísflæði eftir gosið með hagnýtingu gervitungla og fleiri gagna (Alsdorf og Smith, 1999; Guðfinna Aðalgeirsdóttir og fl., 2000; Helgi Björnsson og fl., 2001; Sverrir Guðmundsson og fl., 2002), greiningu á berggerð og efnasamsetningu gosefna (Sigurður Steinþórsson og fl., 2000; Olgeir Sigmarsson og fl., 2000), um jökulhlaup og dreifingu bræðsluvatns (Hrefna Kristmannsdóttir og fl., 1999; María og fl., 2000; Árni Snorrason og fl. 2002; Tómas Jóhannesson, 2002) og um fjallið sem myndaðist í gosinu (Magnús T. Guðmundsson og fl., 2002). Þá munu birtast á næstunni ítarleg grein með lýsingu á gosinu, varmaflæði og samspili aflögunar íss, ísbráðunar, vatnsþrýstings og goshátta (Magnús T. Guðmundsson og fl., 2003a) og grein um varmastraum í gosum undir jökli (Magnús T. Guðmundsson, 2003). Tengt rannsóknnum á Gjálpi er MS verkefni Kirsty Langley við Háskóla Íslands um hryggi undir Vatnajökli (Langley, 2000).

Fram að þessu hefur umfjöllunin að mestu snúist um gosið sjálft og afleiðingar þess til skemmri tíma. Lítið verið fjallað um áhrif gosa í jöklum til lengri tíma, ára og áratuga. Allt frá lokum Gjálpargossins hefur Raunvísindastofnun fylgst með þróun gossvæðisins og mælt stærð og lögun sigdælda og ísskrið inn að Gjálpi. Ætlunin er að rannsaka hvernig jökullinn leitar aftur í jafnvægisástand og hve langan tíma það tekur. Reikna má með að hér sé um að ræða verkefni sem taka mun áratugi, en að umfang þess fari minnkandi með tímanum eftir því sem breytingar verða hægari. Markmið verkefnisins eru:

1. Að mæla breytingar sem verða á stórum hveljökli eftir eldgos. Mæla á hækkun sigdældarinnar með tíma og ísflæði inn að henni. Kanna hversu hratt jökullinn leitar til

fyrri ástands, en sá tími er háður hraða ísflæðis, varmastraumi frá nýja fjallinu og afkomu jökulsins.

2. Að meta áhrif á ísa- og vatnasvið undir jökli. Þær upplýsingar eru mikilvægar til að meta hættu af eldgosum sem kunna að verða á svæðinu í framtíðinni, enda liggja þar vatnskil milli Jökulsár á Fjöllum og Skeiðarár/Grímsvatna.
3. Að meta áhrif eldgosa á myndun vatnsgeyma undir jökli sem valdið geta jökulhlaupum. Meta á hverjum tíma hvort vatn safnist fyrir undir jöklinum í Gjálpi og hvort hætta sé á jökulhlaupum þaðan. Þessar upplýsingar gætu m.a. komið að gagni við að meta líkur á hlaupum á Mýrdalssandi mánuðum og árum eftir Kötlugos.
4. Að kanna varmaafli eldfjalla sem myndast í jöklum og þar með ísbráðnun við botn jökuls. Þessu tengist hraði móbergsmýndunar, hve hratt gosefnin breytast í móberg en það gæti haft áhrif á myndun lóna undir jökli því ósamhlímd gjóska er lek en móberg er oft tregur vatnsleiðari.
5. Að kanna myndun móbergsfjalla í jöklum og áhrif íshreyfinga og rofs. Þetta mun varpa nýju ljósi á myndun móbergsfjalla á Íslandi og að hve miklu leyti lögun og stærð móbergshryggja og stapa á Íslandi endurspeglar upphaflega lögun.

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir gögnum sem safnað hefur verið á tímabilinu 1997-2002, rakin þróun sigdældanna á því tímabili, þróun ísa- og vatnasviða, varmaafli og ísbráðnun í Gjálpi er metin og möguleikar á myndun lóna undir jöklinum ræddar. Ekki hefur enn verið unnið úr segulmælingum og því ekki frekar fjallað um þær hér (sjá þó Viðauka C)

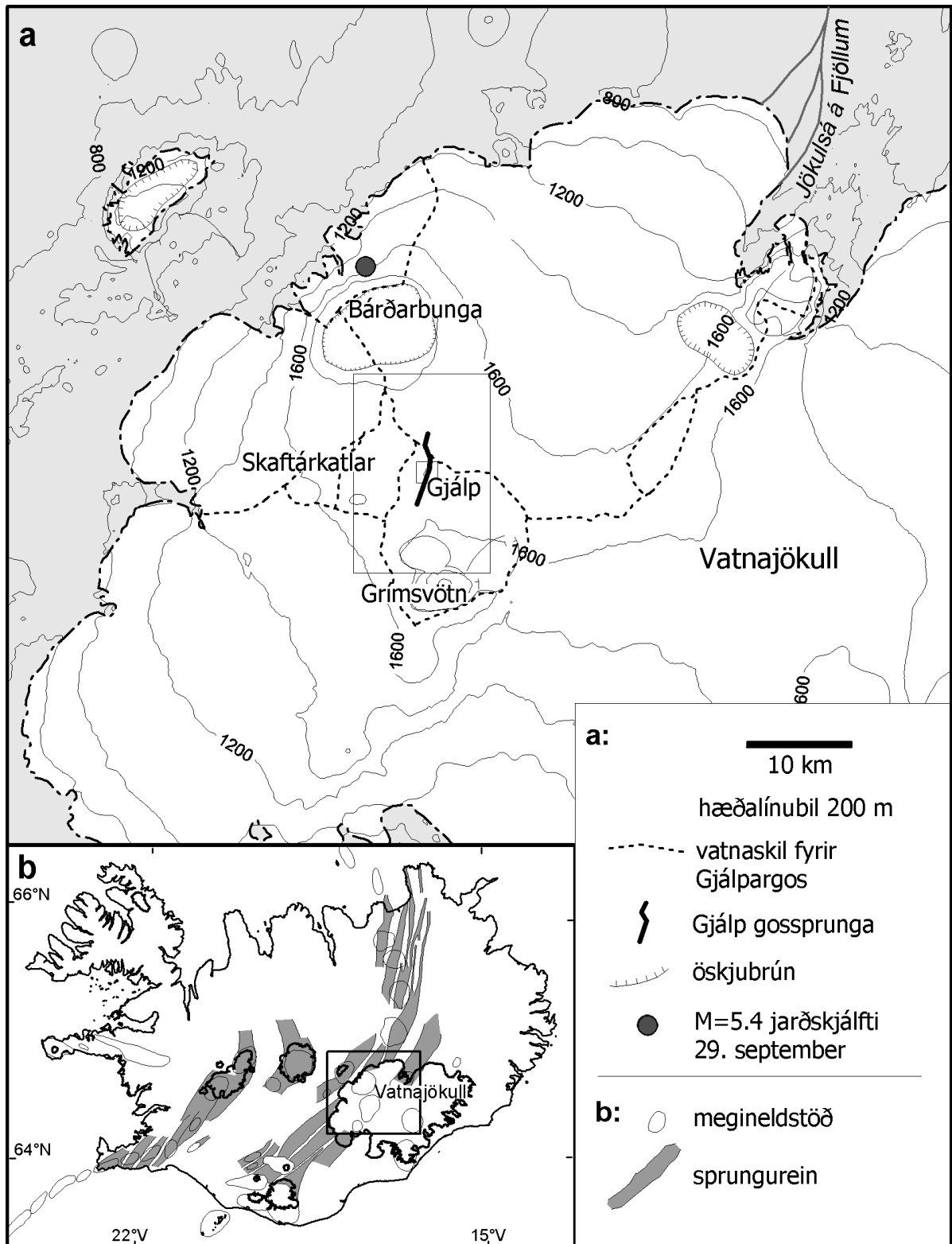
Kostnaður við rannsóknirnar 1997-2000 var greiddur af sérstöku framlagi úr Ríkissjóði. Eftir að þau framlög hættu hefur Vegagerðin tryggt verkefnið með framlögum. Mælingarnar eru gerðar í ferðum Jökларannsóknafélags Íslands og er vinnan að hluta unnin af sjálboðaliðum félagsins. Landsvirkjun leggur fram farartæki og aðstoð í ferðunum. Á Raunvísindastofnun hafa auk skýrsluhöfunda þau Þorsteinn Jónsson, Finnur Pálsson, Kirsty Langley og Eyjólfur Magnússon komið að mælingunum.

2. MÆLINGAR

Farið hefur verið til mælinga í júní og í september. Mælingarnar felast í eftirfarandi þáttum:

- Kortlagning svæðisins með DGPS (nákvæmni í hæð um 2 m) en hún er gerð með því að fara um svæðið á vélsleða eftir tilteknum mællínunum (sjá Viðauka A).
- Uppsetning 15-25 mælistika og mæling þeirra vor og haust með DGPS (Viðauki B).
- Í júní 2001 var heitavatnsbor Raunvísindastofnunar notaður til að gera þrjár holur á gígsvæðinu í miðri Gjálpi. Mælt var dýpi niður á fjallið, hitastig í botni holnanna mældur og sýni tekin til efnagreiningar.
- Í júní 2002 fóru fram segulmælingar samhliða kortlagningunni (Viðauki C).

Að auki voru gerðar íssjár- og þyngdarmælingar 1997-2000 til að kortleggja og kanna gerð fjallsins (Magnús T. Guðmundsson og fl., 2002).



1. mynd. Vesturhluti Vatnajökuls, Grímsvötn, Bárðarbunga og Gjálp. Vatnasvið í jöklinum fyrir Gjálpargos eru samkvæmt korti Raunvísindastofnunar og Landsvirkjunar (Helgi Björnsson og fl., 1992).

3. NIÐURSTÖÐUR

Hér á eftir fara frumniðurstöður úr hluta þeirra mælinga sem gerðar hafa verið á síðustu árum. Ekki hefur verið unnið úr segulmælingunum og hægt er að vinna ítarlegar úr ísskriðsmælingum en hér er gert. Stefnt er að frekari úrvinnslu á næstu tveimur árum með þátttöku nemenda í framhaldsnámi við Háskóla Íslands.

3.1. Stærð sigdælda

Sigkatlar urðu til á skömmum tíma í eldgosinu og mynduðu fljótlega stóra dæld. Skömmu eftir gosið fór dældin að grynast en hélt þó áfram að vikka (2. mynd, 3. mynd). Í 1. töflu eru tölur um hvernig rúmmál dældarinnar hefur breyst með tíma. Tölurnar frá gosinu sjálfu eru samkvæmt mælingum úr flugvél Flugmálastjórnar. Rúmmálið hefur haldist nánast óbreytt frá 1997, þó fer minnkunar að gæta 2002. Flatarmál dældarinnar var um 60 km² 1997 en 1999 er áhrifsvæðið, þar sem hæðarbreytingar eru 5 m eða meiri, orðið 75 km². Stærð þess virðist ekki hafa aukist að ráði síðan. Hafa þarf í huga þegar 3. mynd er skoðuð að ákomusvæði Dyngjujökuls austan Gjalpar lækkaði vegna framhlaupsins 1999-2000. Ísaskil hafa haldist nánast óbreytt frá 1997.

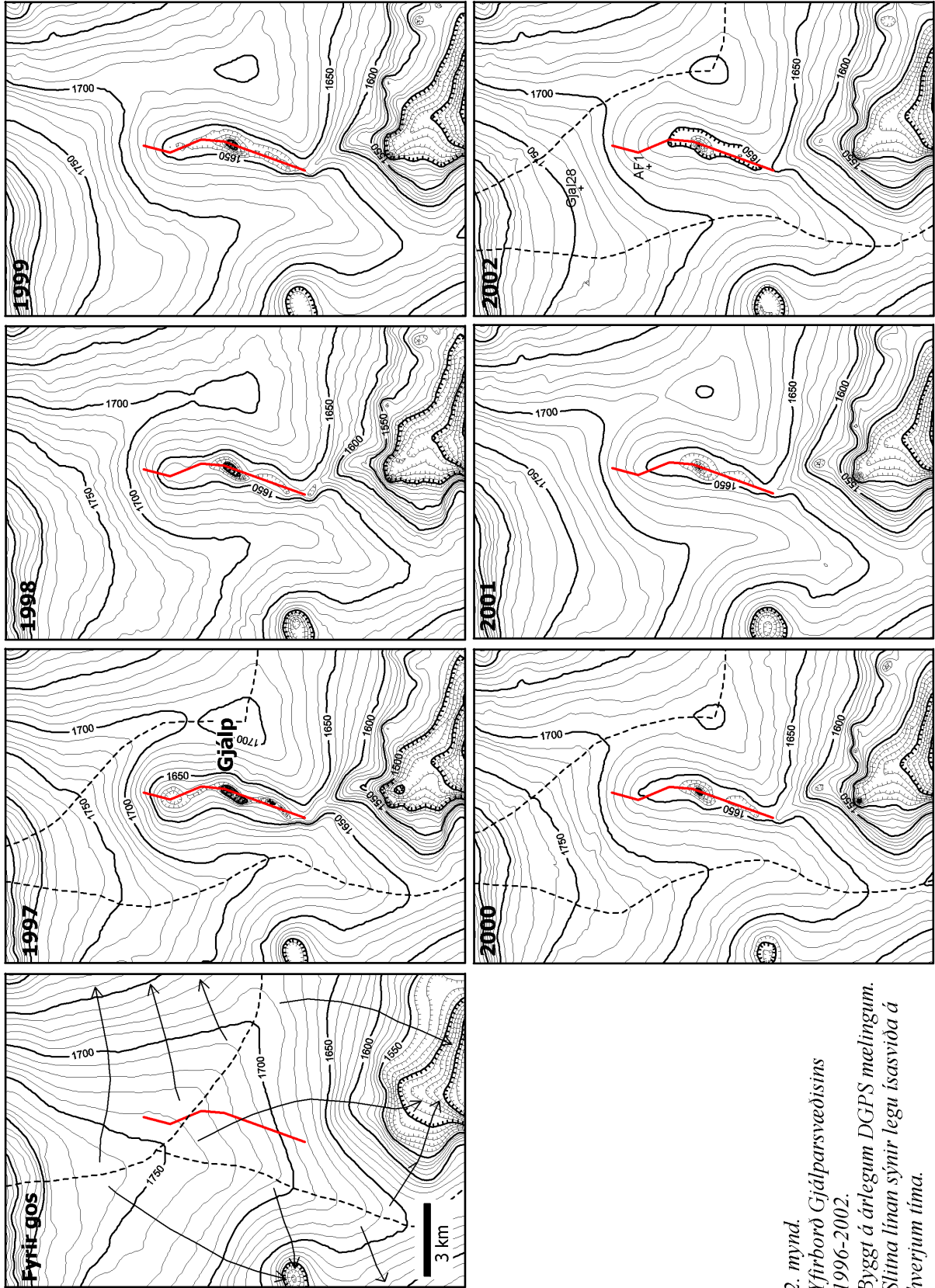
1. tafla. Rúmmál sigdælda 1996-2002

	1996	1996	1996	1996	1997	1997	1998	1999	2000	2001	2002
	1.10.	3.10.	12.10.	11.11.	3.1.	júní	júní	júní	júní	júní	júní
km ³	0,2	0,8	1,6	2,0	2,2	2,3	2,2	2,4	2,3	2,3	2,1

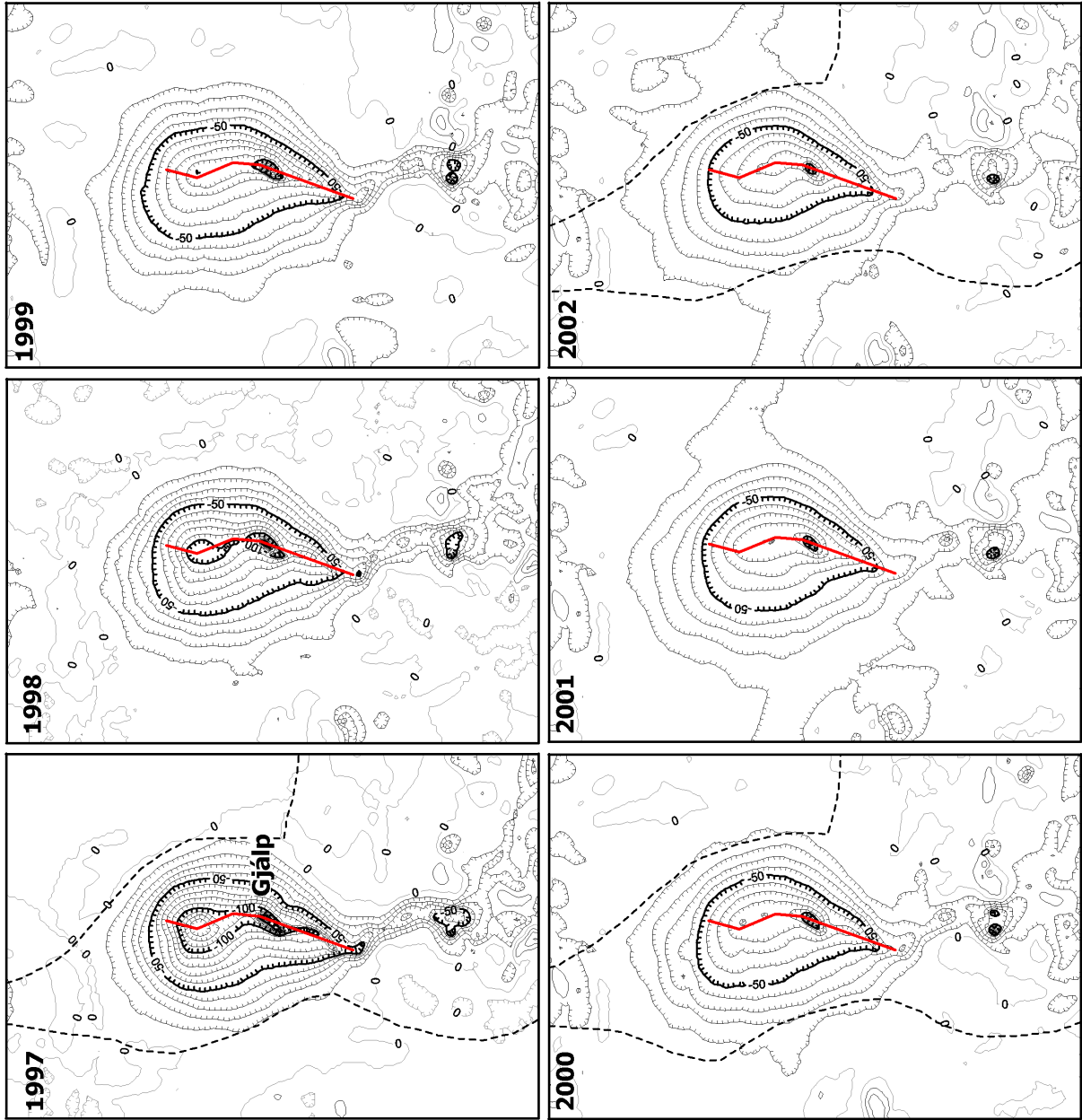
3.2. Ísskrið

Mælingar á ísskriði voru erfiðar 1997 vegna mikilla sprungna en til eru niðurstöður InSAR gervitunglamælinga sem sýna þróunina (Helgi Björnsson og fl., 2001; Sverrir Guðmundsson og fl., 2002). Á 4. mynd eru niðurstöður mælinga með DGPS að sumarlagi 1997-2002 auk þess sem ísaskil og straumlínur ísflæðis eru sýndar. Nákvæmni hvernar mælingar er betri en 1 m og formlegt mat á nákvæmni í mælingu á færslum yfir ~100 daga mælitímabil (júní-september) er því 1-1.5 m. Heildarfærslur í hverri stiku eru oftast á bilinu 2-7 m. Óvissa í hraða ætti því að vera 15-70%. Hraðasviðin á 4. mynd eru yfirleitt fremur regluleg og stefnur hraða eru nokkurnvegin hornréttar á hæðarlínur þó svo færslur séu mjög litlar. Það bendir til að 1-1.5 m sé ofmat á raunverulegri óvissu.

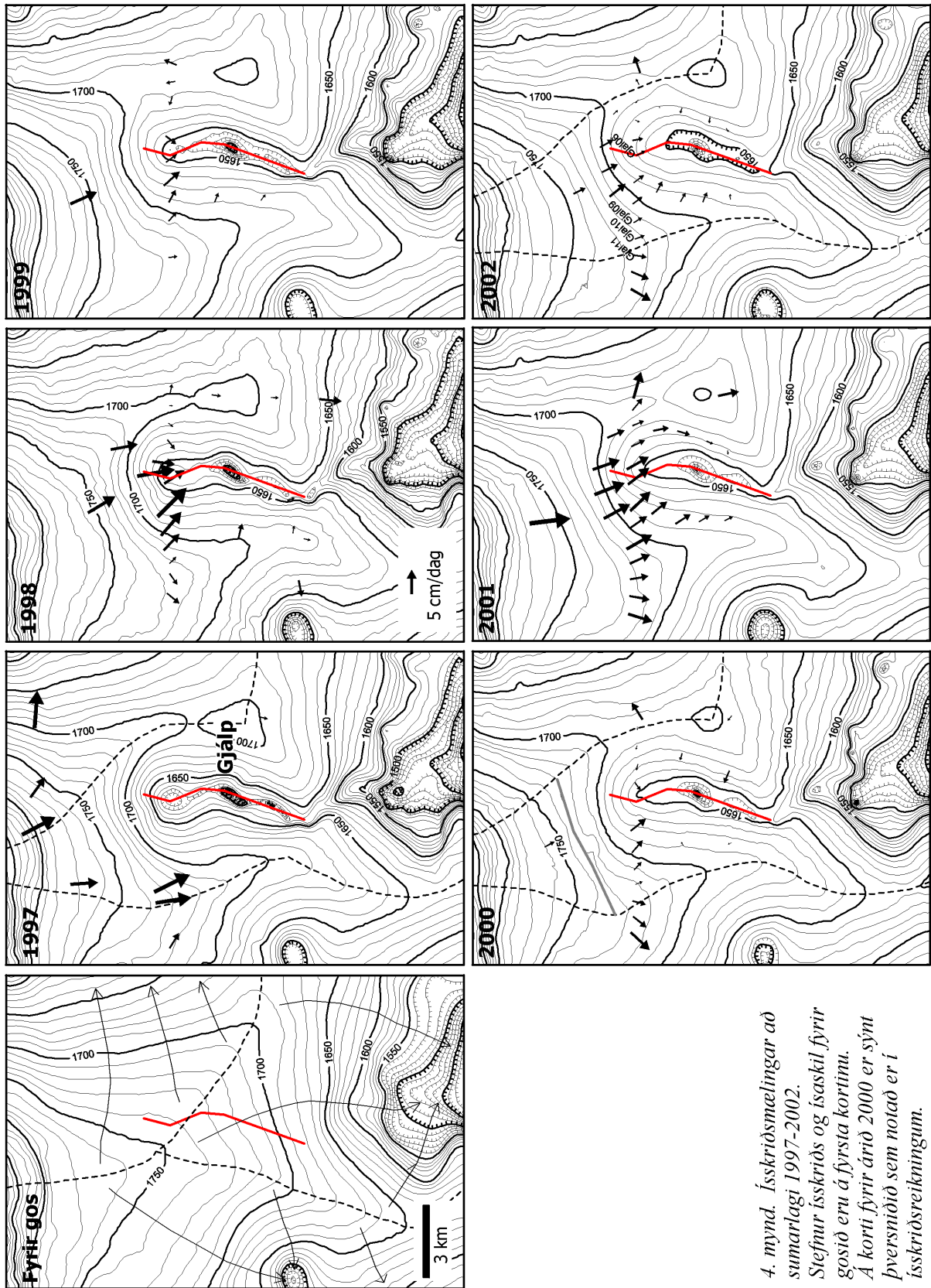
Tilkoma Gjalpardældarinnar olli breytingum á stefnu ísskriðs. Allstaðar þar sem hallar niður í dældina skríður ís í átt að miðju hennar. Þróun með tíma er athyglisverð. Það dregur úr ísskriði frá 1997 til 1999 en síðan vex það aftur 2001 en hægist á aftur 2002 (5. mynd). Samhliða aukningunni verður stefna ísskriðs austlægari 2001. E.t.v. tengist hin austlæga stefna framhlaupi Dyngjujökuls 1999-2000. Mögulegt er að aukinn hraði við Gjalp og austlægari stefna stafi af lækun ákomusvæðis Dyngjujökuls; halli jökulyfirborðsins til austurs frá ísaskilunum óx en það ætti að valda auknu ísskriði og tímabundinni færslu ísaskilanna til vesturs.



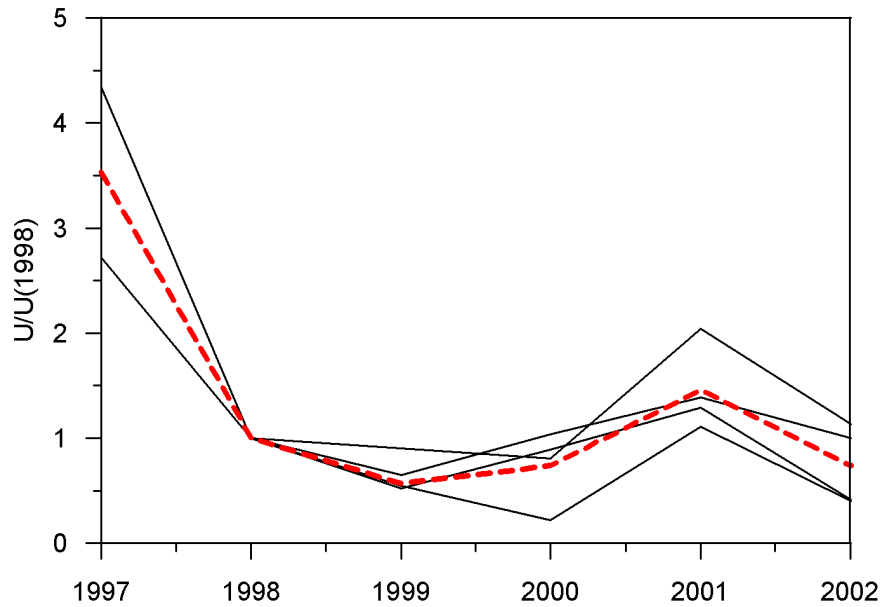
2. mynd.
 Yfirborð Gjalparsvæðisins
 1996-2002.
 Byggt á árlegum DGPS mælingum.
 Slitna línan sýnir legu Ísasvíða á
 hverjum tíma.



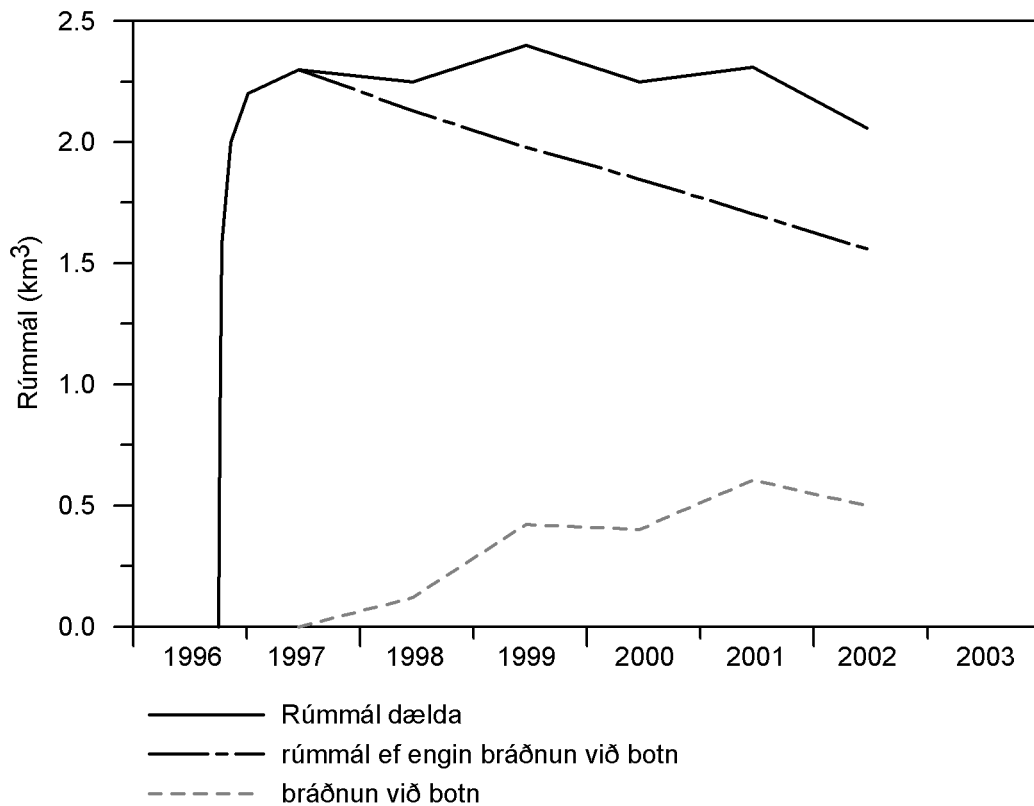
3. mynd. Sigdældir i Gjálp
1997-2002.
Viðmiðun er hæð yfirborðs 1996.



4. mynd. Ísskráðsmælingar að sumarlagi 1997-2002. Siefnur ísskráðs og ísskil fyrir gosið eru á fyrsta kortinu. Á korti fyrir árið 2000 er sýnt þversniðið sem notað er í ísskráðsreikningum.



5. mynd. Breytingar í láréttum hraða ísskriðs í fjórum stikum norðvestan til í Gjalp 1997-2002. Hraðar sýndir sem hlutfall af mældum hraða sumarið 1998. Heilu línurnar eiga við stikurnar Gjal06, Gjal09, Gjal10 og Gjal11 (4. mynd og viðauki B) en slitna línun er meðaltal.



6. mynd. Rúmmál Gjalpardældarinnar 1996-2002. Einnig er sýnt hvernig rúmmál dældanna hefði þróast vegna ísskriðs og afkomu ef engin bráðnun hefði verið við botn frá og með 1997. Mismunur þessara tveggja ferla er bráðnun við botninn.

3.3. Ísbráðnun og afl jarðhita

Ísbráðnun við botn jökulsins í Gjalp má meta ef upplýsingar eru til um eftirtalin atriði:

- Breytingar á rúmmáli dældarinnar með tíma.
- Ísskrið inn í dældina og út úr henni.
- Afkoma jökulsins innan dældarinnar

Rúmmál dældarinnar og ísskrið auk breytileika þessara stærða með tíma eru sæmilega vel þekkt. Ísskriðsmælinganar benda ekki til þess að ís skriði út úr dældinni til suðurs. Afkoma jökulsins á norðvestanverðum Vatnajökli hefur verið mæld um nokkurn tíma (Helgi Björnsson og fl., 1998) en þar sem nokkuð er af gjósku á yfirborði í Gjalp er óvíst að heimfæra megi tölur annarstaðar frá. Því var í september 2002 boruð hola í 1675 m hæð (AF1 – 2. mynd) og afkoma áranna 1998-2002 mæld, þ.e. fyrningar ofan við gjóskuna úr Grímsvatnagosinu 1998. Dýpi niður á öskulagið reyndist 7.6 m af hjarni með eðlismassa 600 kg m⁻³, sem samsvarar jákvæðri afkomu upp á 1.35 m af ís á ári. Hæð mælistaðarins er nærri því að vera meðalhæð Gjalparsvæðisins og því sennilegt að þessi afkoma sé nærri meðaltali svæðisins.

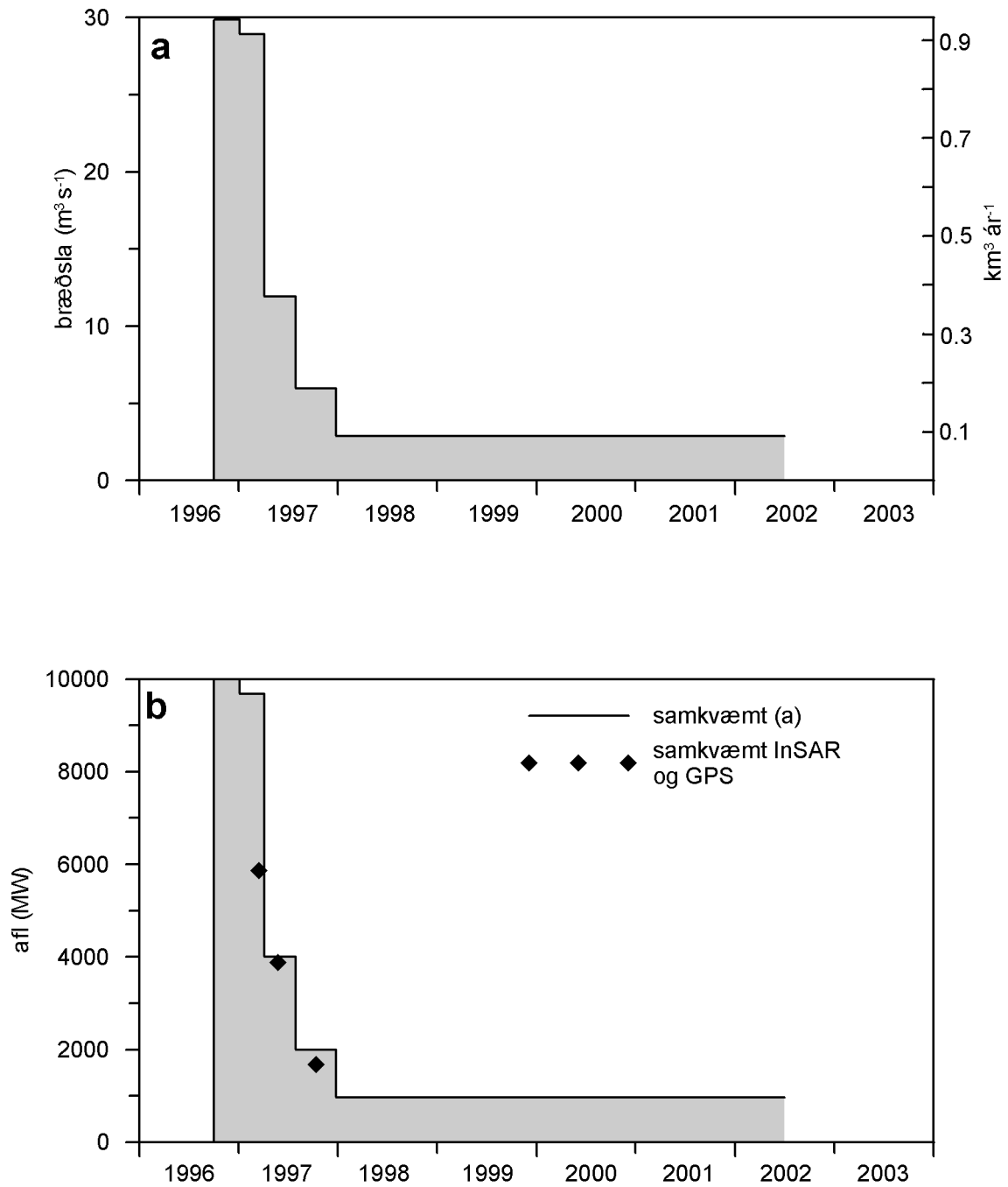
Ísflæði inn til þess svæðis þar sem bráðnun er við botninn má finna með því að skilgreina lokaðan feril sem allstaðar liggur utan við fjallið frá 1996 og heilda síðan ísflæðið inn fyrir flötinn út frá hraðamælingunum. Síðan má nota samfellujöfnu (t.d. Paterson, 1994) til að reikna bráðnun við botn:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = b + b' + \nabla q \quad (1)$$

þar sem h er hæð jökulyfirborðs, b er afkoma við yfirborð, b' afkoma við botn (b' neikvæð þar sem jarðhita gætir við botninn) og q er ísflæði. Þessi aðferð var notuð á sigketil við Grímsvötn (Magnús T. Guðmundsson og fl., 2003b). Það verður um sinn látið bíða betri tíma að beita þessari aðferð til fullnustu en fara þess í stað einfaldari leið. Jaðrar sigdældarinnar að austan og vestan eru ísaskil og ísflæði þaðan mun minna en að norðan. Á 4. mynd sést að töluverður ís skriður inn í dældina úr norðri, frá Bárðarbungu. Við jaðar dældarinnar að norðan er ísasvæðið um 5 km breitt og ísþykkt að meðaltali 600 m. Þversniðið er því $A=3$ km². Til frekari einföldunar reiknum við meðaltal ísflæðis yfir 5 ára tímabili, 1997-2002. Heildarfærsla á því tímabili, sé gert ráð fyrir að sumarmælingarnar gefi rétta mynd af meðalhraða ársins, er 105-110 m þ.a. meðalhraði við yfirborð er $U = 21$ m ár⁻¹. Þá verður heildarísflæði úr norðri $q = 0,9$ AU (meðalhraði ísskriðs í lóðréttu sniði er yfirleitt talinn um 90% af yfirborðshraða). Því fæst að inn til Gjalpar hafi skriðið 0,3 km³ íss á þessu fimm ára tímabili. Sé samfellujafnan skrifuð fyrir rúmmálsbreytingar en ekki hæðarbreytingar eins og í (1) fæst:

$$B' = \Delta V - B - \Delta Q \quad (2)$$

Þar sem ΔV er rúmmálsbreyting dældar á 5 árum, B afkoma á sama tíma $B = Sbt$ (S : flatarmál dældar, b afkoma: ís/ár, og $t=5$ ár), B' rúmmál íss sem bráðnað hefur við botninn og ΔQ er ísflæðið. Sé $S=65$ km² og $b = 1,35$ m fæst $B = 0,4$ km³, $\Delta Q = 0,3$ km³ fékkst hér að framan



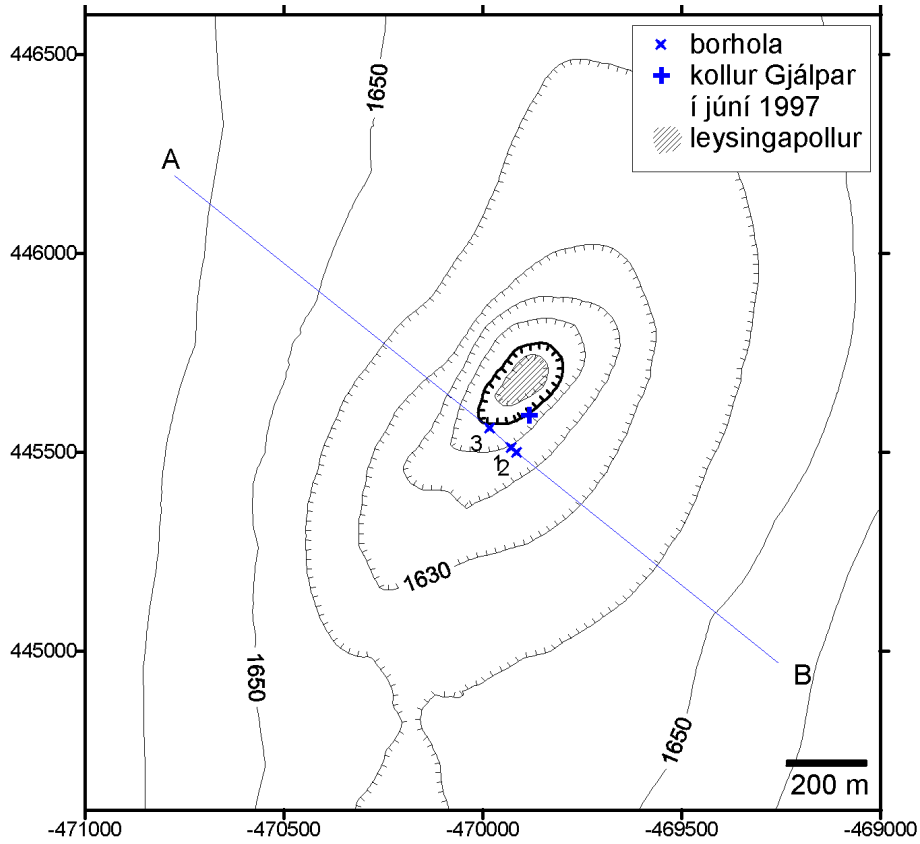
7. mynd. a) Vatnsbráðnun við botn. Fyrir tímabilið 1998-2002 er notað meðaltal tímabilsins. b) Varmastraumur frá fjallinu samkvæmt ísbráðnun við botn 1996-2002. Ekki er sýndur afltoppurinn í gosinu sjálfu en hann náði 2×10^6 MW.



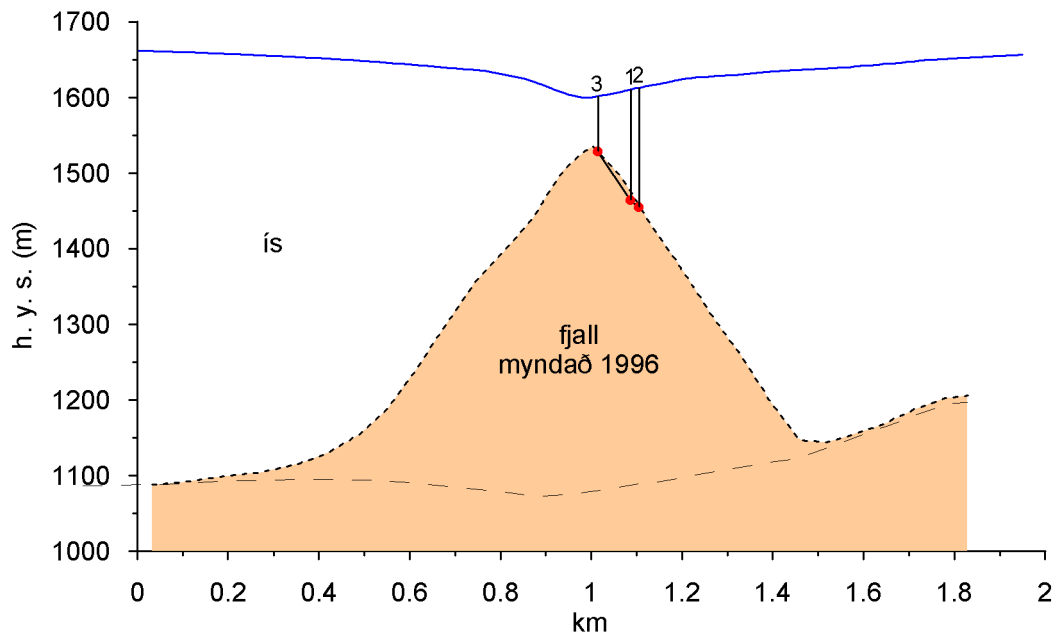
8. mynd. Borstaður í Gjálpi í júní 2001. Horft í austur. Öskumúgarnir eru margra metra háir og standa þeir hæstu jafnan upp úr vetrarsnjónum.



9. mynd. Borstaðurinn - sleðahýsi Landsvirkjunar. Í baksýn er sigketill en þar var gígurinn sem náði upp í gegnum jökulinn.



10. mynd. Kort af miðju Gjálparsvæðisins – staðsetning borholna.



11. mynd. Þversnið af Gjálpartindi samkvæmt íssjár- og þyngdarmælingum og dýpi niður á hrygginn samkvæmt borholunum þremur. Samræmi er gott en þó var skekkja í legu hryggsins sem nam 120 m. Á myndinni hefur hryggnum verið hliðrað til samræmis.

og samkvæmt 1. töflu er $\Delta V = 0,2 \text{ km}^3$ (minnkun dældar reiknast jákvæð því hún felur í sér aukningu í rúmmáli jökulsins). Útkoman er $B' = -0,5 \text{ km}^3$ á 5 ára tímabili. Á 6. mynd er heildarbráðnun við botn sýnd sem fall af tíma. Vegna þess að breytingin á ári hverju er af svipaðri stærð og óvissa í rúmmáli dældar er ekki er ástæða til að taka breytingar milli einstakra ára á línuritinu alvarlega heldur horfa á meðaltalsbreytinguna. Hún sýnir að bráðnun við botninn hefur numið um 0.1 km^3 á ári. Breytingin síðasta árið gæti þýtt að nú dragi hratt úr bráðnun. Óvissan í ferilinum er þó töluverð og lengri mæliröð þarf til að skera úr um þetta atriði.

Rétt er að benda á mögulega kerfisbundna skekkju í mati á ísflæði. Gert er ráð fyrir að hraði ísskriðs sé sá sami allt árið. Á skriðjökulum kemur oft fram hærri hraði á sumrin en á veturna vegna aukins botnskriðs. Þetta gæti átt við kringum Gjalp þó svo svæðið liggi nærri ísaskilum og að hraðar séu það lágir að skrið vegna innri aflögunar íssins dugi til að skýra þá. Sett var upp stika haustið 2002 norðan til í Gjalp (Gjal28 – 2. mynd) sem ætti að standa veturinn og munu mælingar á henni gefa vísbendingar um hvort botnskrið skiptir máli.

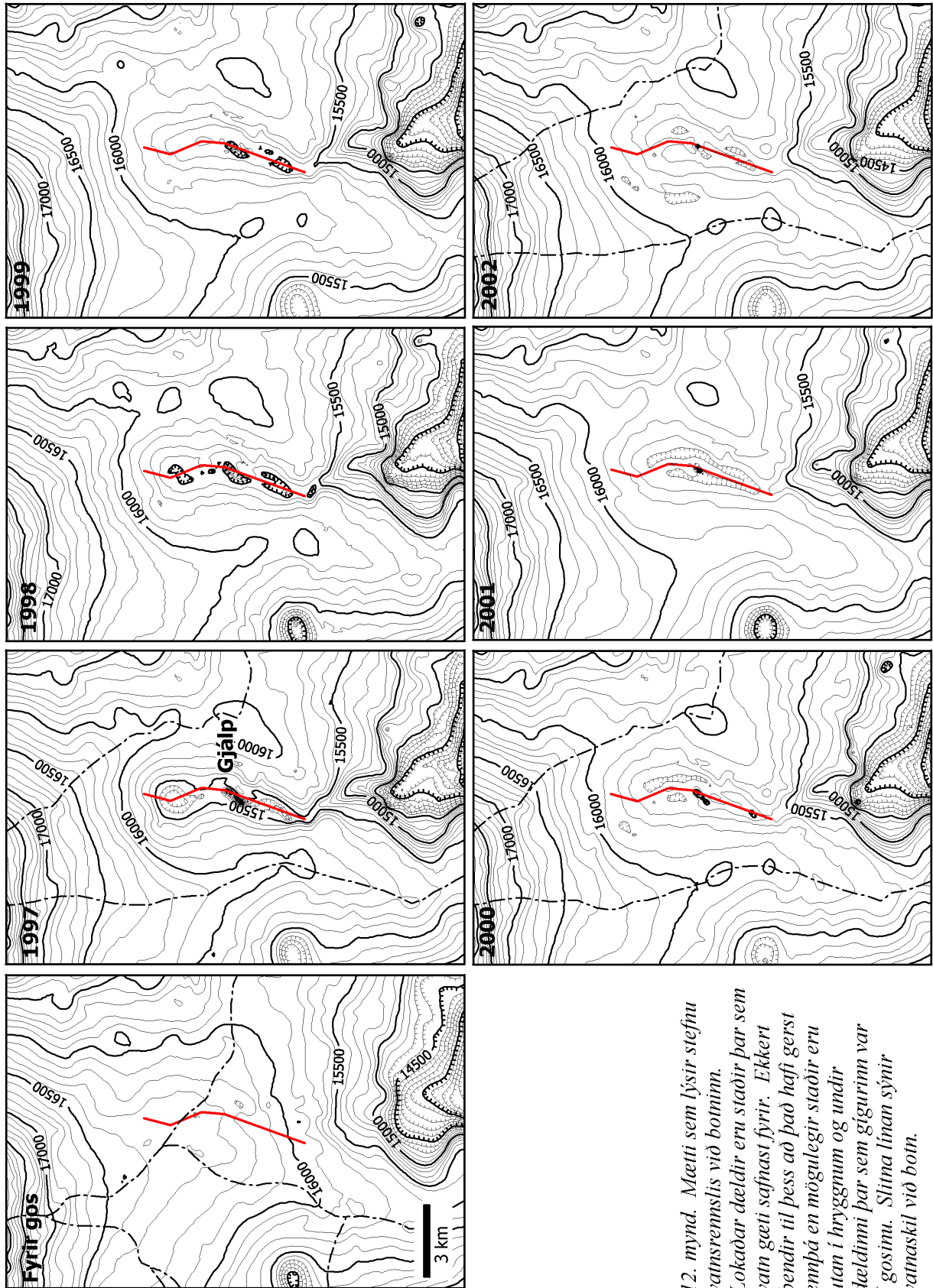
Á 7. mynd hefur bráðnun við botn verið reiknuð yfir í rennsli vatns (a) og varmaafli jarðhitans (b). Punktarnir á grafinu eru niðurstöður úr samtúlkun InSAR og DGPS mælinga (Sverrir Guðmundsson og fl., 2002). Niðurstaðan er að bræðslan síðustu árin nemi um 3 m s^{-1} vatns eða tæplega 0.1 km^3 á ári. Þetta vatn hefur runnið niður til Grímsvatna en ekki safnast fyrir í Gjalp. Aflið nemur tæpum 1000 MW á þessu tímabili. Það er svipað og afl Eystri Skaftárketilsins (Helgi Björnsson, 1988). Það verður að teljast verulegur jarðhiti og bendir til þess að umtalsverður hiti sé enn í fjallshryggnum.

3.4. Borun 2001

Boraðar voru þrjár holur niður á tind Gjalpar í júní 2001 (8. og 9. mynd). Tilgangur borunarinnar var einkum sá að prófa heitavatnsborun við þessar aðstæður en hún gæti komið að notum ef og þegar borað verður með öflugum borum niður í fjallið til að kanna gerð þess.

Jökullinn á gígsvæðinu hefur hækkað mikið frá því í júní 1997. Þá var botn dældarinnar á svæðinu 1510 m y.s. Tindurinn var sjáanlegur og hægt að komast að honum með því að fara norður eftir ísgjánni sem til varð í gosinu. Þá lá ísveggur að fjallinu að austan en að vestan reis fjallið um 40 m yfir botn dældarinnar. Seinna það sama sumar huldi vatn botn dældarinnar og kaffærði fjallið. Vorið 1998 hafði ísinn síðan gengið yfir fjallið og nú grefst það æ dýpra eftir því sem jökullinn hækkar.

Holurnar þrjár náðu allar niður á fjallið (10. mynd). Ein holan var 73 m djúp, önnur 146 m og sú þriðja 158 m (11. mynd). Sýni náðust úr öllum holum með einföldum fallbor sem útbúinn var sérstaklega vegna verkefnisins. Efnið sem upp kom er aska og merki ummyndunar eru ekki sýnileg. Sýnin voru fengin Náttúrufræðistofnun Íslands til varðveislu og hugsanlega greiningar á því hvort merki um móbergsmyndun finnist. Hitastig á botni allra holnanna var við frostmark, $0,0^\circ$ til $-0,1^\circ\text{C}$. Mælingarnar gefa ekki upplýsingar um hvort hiti vex með dýpi í fjallinu á þeim stöðum sem borað var en ljóst er að jarðhiti er í fjallinu 50-100 norðar, því þar er djúpur sigketill (9. og 10. mynd).



12. mynd. Mætti sem lýsir stefnu vatnsrennslis við botnin. Lokadar dældir eru staðir þar sem vatn gæti safnast fyrir. Ekkert bendir til þess að það hafi gerst ennþá en mögulegir staðir eru utan í hryggnum og undir dældinni þar sem gígurinn var í gosinu. Slitna línan sýnir vatnskil við botn.

Borunin tókst vel. Tilraunin sýndi að ekki er verulegum erfiðleikum bundið að bora niður í gegnum ísinn við Gjalp og hægt er að ná sýnum af gosefnum. Sé ætlunin að bora niður í fjallið, þarf að finna eða hanna bor sem hægt er að renna niður í gegnum hitavatsborholu og getur tekið kjarna af efninu undir.

3.5. Skilyrði til vatnssöfnunar

Á 12. mynd er reiknað mætti vatnsrennslis við botn jökulsins 1996-2002. Mættið er skilgreint sem

$$\Phi = r_i g \left[z_s + \frac{r_w - r_i}{r_w} z_b \right] \quad (3)$$

þar sem $\rho_i = 910 \text{ kg m}^{-3}$ er eðlismassi íss $\rho_w = 1000 \text{ kg m}^{-3}$ er eðlismassi vatns, z_s er hæð yfirborðs, z_b er hæð botns og g er þyngdarhröðunin. Sýnt hefur verið fram á að mættið lýsir rennsli vatns við botn Vatnajökuls (Helgi Björnsson, 1988). Mættið sýnir að ísfarg er ráðandi um stefnu vatnsrennslis við botn, halli botnsins þarf að vera 11 sinnum meiri en halli jökulyfirborðsins til að botninn ráði rennslisstefnu. Allt frá 1997 koma fram lokaðar dældir í mættið. Þær hafa þó ekki valdið vatnssöfnun. Sennilegt er að göng hafi haldist opin við botn jökulsins meira eða minna allt frá gosinu. Einnig er líklegt að fjallið, sem a.m.k. í upphafi var samsett úr sundurlausri gjósku, sé lekt þ.a. vatn hripi gegnum það og komist þannig gegnum þröskulda í mættinu.

Ef fjallið ummyndast í móberg gæti vatngengni þess minnkað mikið. Ef það heldur áfram að gefa frá sér umtalsverðan varma þegar svo er komið gæti vatn farið að safnast fyrir á gosstöðvunum. Óljóst er hver atburðarásin verður í þessu efni.

4. LOKAORÐ

Mælingar síðustu ára sýna að langt er í land með að jökullinn komist í samt lag eftir gosið. Dældin umhverfis gosstöðvarnar hefur lítið minnkað og hiti virðist enn töluverður í hinu nýja fjalli. Dældin virðist fyrst nú, sex árum eftir gosið vera farin að minnka. Niðurstöðurnar benda því til að áhrif stórra eldgosa vari áratugi. Bráðnun við botninn síðustu árin nemur um 0.5 km^3 en það bætist við 4.2 km^3 sem bráðnuðu fyrsta árið (Magnús T. Guðmundsson og fl., 2003a).

Sveiflur í ísskriði koma nokkuð á óvart. Þó svo hugsanlegt sé að aukning 2000-2001 stafi af framhlaupi Dyngjujökuls verður er sú skýring aðeins getgáta. Eiginleikar ísskriðs við þær aðstæður sem ríkjá í Gjalp eru forvitnilegt rannsóknarefni.

Um 1000 MW varmastraumur síðustu 5 árin bendir til þess að hitastig fjallsins sé enn verulega hátt. Flatarmál fjallsins er um 6 km^2 sem þýðir að varmaflæði (q) er að meðaltali 170 W m^{-2} . Eigi þessi varmastraumur eingöngu að berast með varmaleiðingu frá gjósku/bergi að ísnum og sé gert ráð fyrir að varmaleiðnistuðullinn í berginu sé $k=1-2 \text{ W m}^{-1}\text{°C}^{-1}$, væri hitastigull samkvæmt varmaflutningsjöfnu ($q = k \text{ dT/dz}$), $\text{dT/dz} = 85-170\text{°C m}^{-1}$. Þar með væri suðumark vatns náð á örfárra metra dýpi í fjallinu víðast hvar. Það má vel vera að svo

sé. Líklegra er þó að á nokkrum stöðum séu uppstreymissvæði þar sem varmi flyst upp með hræringu vatns og gufu. Eini staðurinn þar sem vitað er með vissu um slíkt uppstreymissvæði er undir katlinum í miðju Gjalpar (9. og 10. mynd). Þetta mál þarf að skoða frekar.

Vatn sem orðið hefur til við ísbráðnun í Gjalp á síðustu árum hefur að því er virðist runnið beint niður til Grímsvatna. Færð voru að því rök að fjallið sjálft væri lekt og vatn hripaði gegnum það og því væru ekki skilyrði til vatnssöfnunar. Séu þetta dæmigerðar aðstæður, bendir það til þess að ekki sé að vænta umtalsverðra jökulhlaupa heldur frekar samfellds leka frá gosstöðvum í jöklum að gosi loknu. Óljóst er hversu almenn þessi hegðun er, en ef hún á t.d. við í Kötlu þá ættu hlaup ekki að valda vandræðum mörgum mánuðum eða árum eftir goslok.

5. HEIMILDIR

Alsdorf, D.E. og L.C. Smith. 1999. *Interferometric SAR observations of ice topography and velocity changes related to the 1996, Gjalp subglacial eruption, Iceland*. International Journal of Remote Sensing, 20, 3031-3050.

Árni Snorrason, P. Jónsson, O. Sigurdsson, S. Pálsson, S. Árnason, S. Víkingsson and I. Kaldal. 2002. *November 1996 jökulhlaup on Skeiðarársandur outwash plain, Iceland*. Spec. Publ. Int. Ass. Sediment., 32, 55-65.

Guðfinna Aðalgeirsdóttir, G., G.H. Guðmundsson og H. Björnsson. 2000. *The response of a glacier to a surface disturbance: a case study on Vatnajökull ice cap, Iceland*. Ann. Glaciol., 31, 104-110.

Guðrún Larsen. 2002. *A brief overview of eruptions from ice-covered and ice-capped volcanic systems in Iceland during the past 11 centuries: frequency, periodicity and implications*, in Volcano-Ice Interactions on Earth and Mars, Geological Society London Spec. Publ., 202, edited by J.L. Smellie and M.G. Chapman, pp. 81-90, 2002.

Helgi Björnsson. 1988. *Hydrology of ice caps in volcanic regions*. Societas Scientiarum Islandica, 45, Reykjavík, 139 bls.

Helgi Björnsson, Finnur Pálsson og Magnús T. Guðmundsson. 1992. *Vatnajökull, norðvesturhluti, 1:100.000. Mætti*. Landsvirkjun og Raunvísindastofnun Háskólans.

Helgi Björnsson, Finnur Pálsson, Magnús T. Guðmundsson og Hannes H. Haraldsson. 1998. *Mass balance of western and northern Vatnajökull, Iceland, 1991-1995*. Jökull, 45, 35-58.

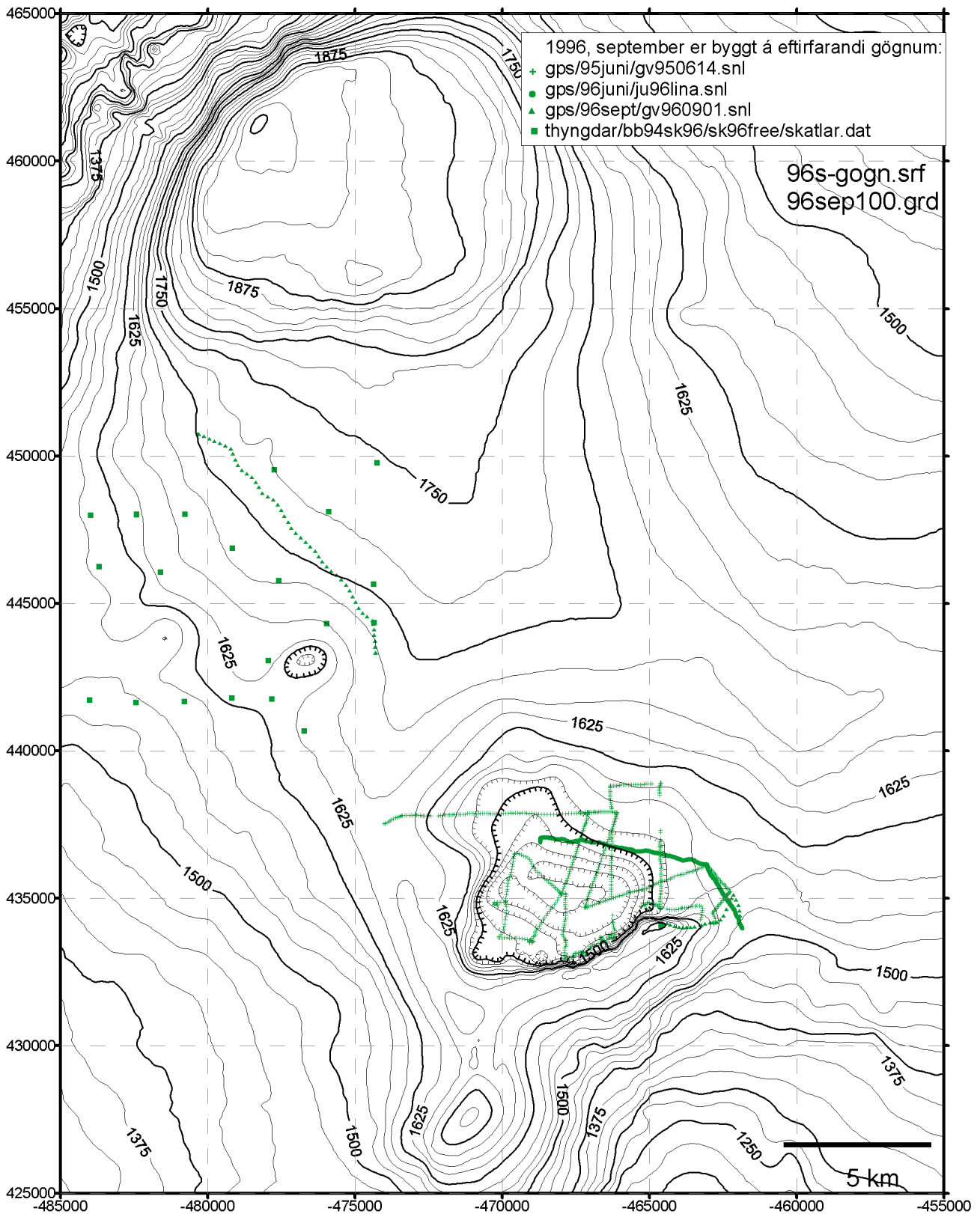
Helgi Björnsson H., H. Rott, S. Gudmundsson, A. Fischer, A. Siegel, M.T. Gudmundsson. 2001. *Glacier-volcano interactions deduced by SAR interferometry*. Journal of Glaciology, 47, 58-70.

- Hrefna Kristmannsdóttir, A. Björnsson, S. Pálsson, Á.E. Sveinbjörnsdóttir. 1999. *The impact of the 1996 subglacial volcanic eruption in Vatnajökull on the river Jökulsá á Fjöllum, North Iceland*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 92, 359-372.
- Hreinn Haraldsson (ritstj.). 1997. *Vatnajökull. Gos og hlaup 1996*, Vegagerðin, Reykjavík.
- Langley, K. 2000. *A morphological investigation of volcanic activity beneath Vatnajökull, Iceland, interpreted from radio echo sounding data*. M.S. ritgerð, Háskóli Íslands. 129 bls.
- Magnús T. Guðmundsson. *Melting of ice by magma-ice-water interactions during subglacial eruptions as an indicator of heat transfer in subaqueous eruptions*. Í: White, J.D.L., J.L. Smellie og D. Clague (ritstj.). AGU Monograph on Explosive Subaqueous Volcanism. Í prentun.
- Magnús T. Guðmundsson, F. Sigmundsson, H. Björnsson. 1997. *Ice-volcano interaction of the 1996 Gjálp subglacial eruption, Vatnajökull, Iceland*. Nature, 389, 954-957.
- Magnús T. Guðmundsson, F. Pálsson, H. Björnsson og Þ. Högnadóttir. 2002. *The hyaloclastite ridge formed in the subglacial 1996 eruption and Gjálp, Vatnajökull, Iceland: present day shape and future preservation*. Í: Smellie, J.L., and Chapman, M. (ritstj.) Ice-volcano interaction on Earth and Mars. Geological Society, London Spec. Publ., 202, 319-335.
- Magnús T. Guðmundsson, F. Sigmundsson, H. Björnsson og Þ. Högnadóttir. *The 1996 eruption at Gjálp, Vatnajökull ice cap, Iceland: Efficiency of heat transfer, ice deformation and subglacial water pressure*. Sent til Bulletin of Volcanology (2003a).
- Magnús T. Guðmundsson, Þórdís Högnadóttir og Kirsty Langley. 2003b. *Jarðhiti, gosstöðvar og skilyrði til vatnssöfnunar í Grímsvötnum 2001-2002*. Raunvísindastofnun Háskólans, RH-01-2003, 30 bls.
- Maria A., S. Carey, H. Sigurdsson, H. Kincaid, G. Helgadóttir. 2000. *Source and dispersal of jökulhlaup sediments discharged to the sea following the 1996 Vatnajökull eruption*. Geological Society of America Bulletin, 112, 1507-1521.
- Olgeir Sigmarsson, H.K. Karlsson, G. Larsen. 2000. *The 1996 and 1998 subglacial eruptions beneath the Vatnajökull ice sheet in Iceland: contrasting geochemical and geophysical inferences on magma migration*. Bulletin of Volcanology, 61, 468-476.
- Paterson W.S.B. 1994. *The physics of glaciers*. Pergamon/Elsevier, Kidlington, 480 bls.
- Páll, Einarsson P, B. Brandsdóttir, M.T. Guðmundsson, H. Björnsson, K. Grönvold, F. Sigmundsson. 1997. *Center of the Icelandic hotspot experiences volcanic unrest*. Eos, 78, 369-375.

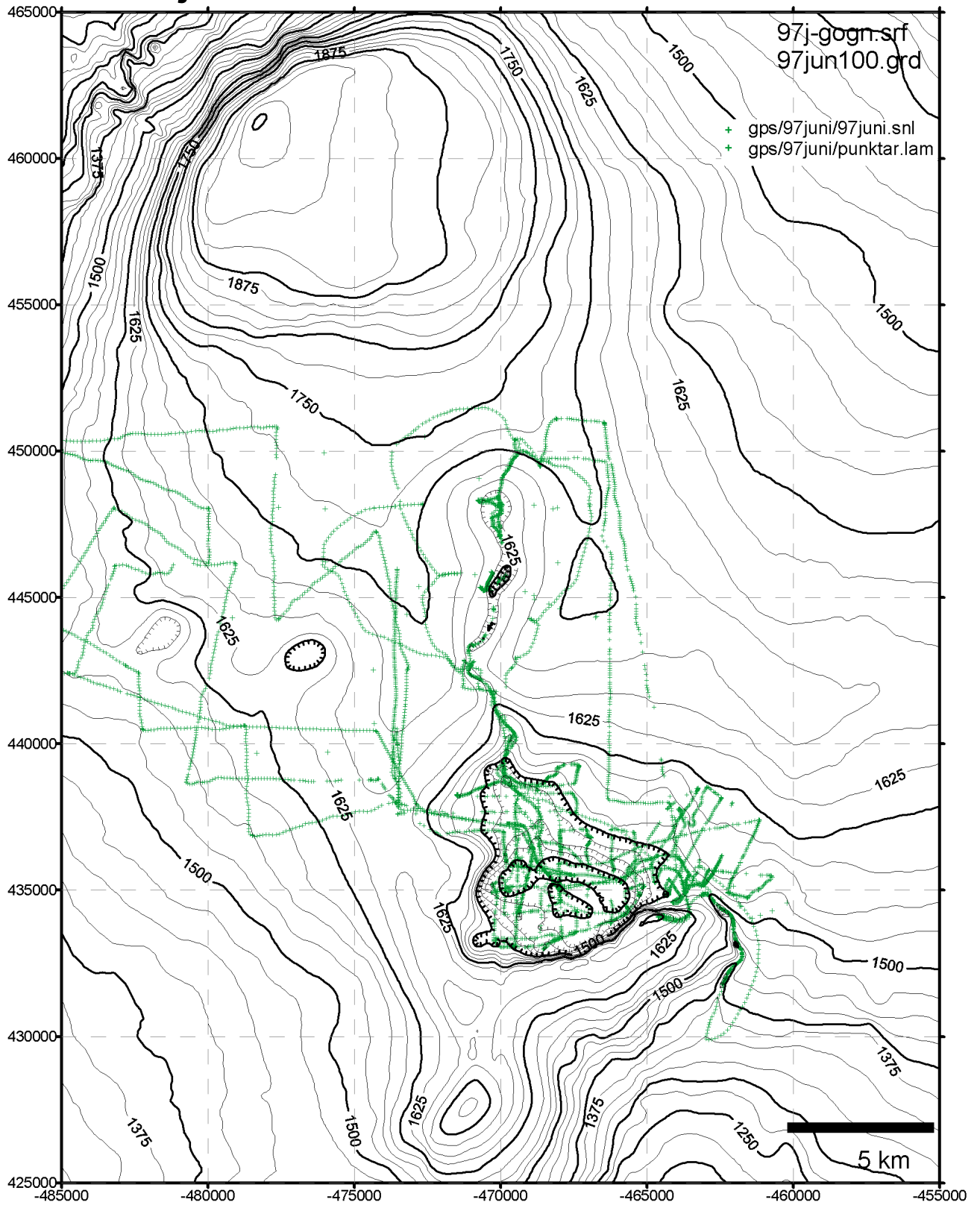
- Sverrir Gudmundsson, M.T. Gudmundsson, H. Björnsson, F. Sigmundsson, H. Rott, J.M. Carstensen. 2002. *Three-dimensional glacier surface motion maps at the Gjálp eruption site, Iceland, inferred from combining InSAR and other ice-displacement data.* *Annals of Glaciology*, 34, 315-322.
- Tómas Jóhannesson. 2002. *Propagation of a subglacial flood wave during the initiation of a jökulhlaup,* *Hydrological Sciences*, 47, 417-434.
- Sigurður Steinthorsson, B.S. Hardarson, R.M. Ellam, G. Larsen. 2000. *Petrochemistry of the Gjálp 1996 subglacial eruption, Vatnajökull, SE Iceland.* *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 98, 79-90.

Viðauki A: DGPS mælingar 1995-2002

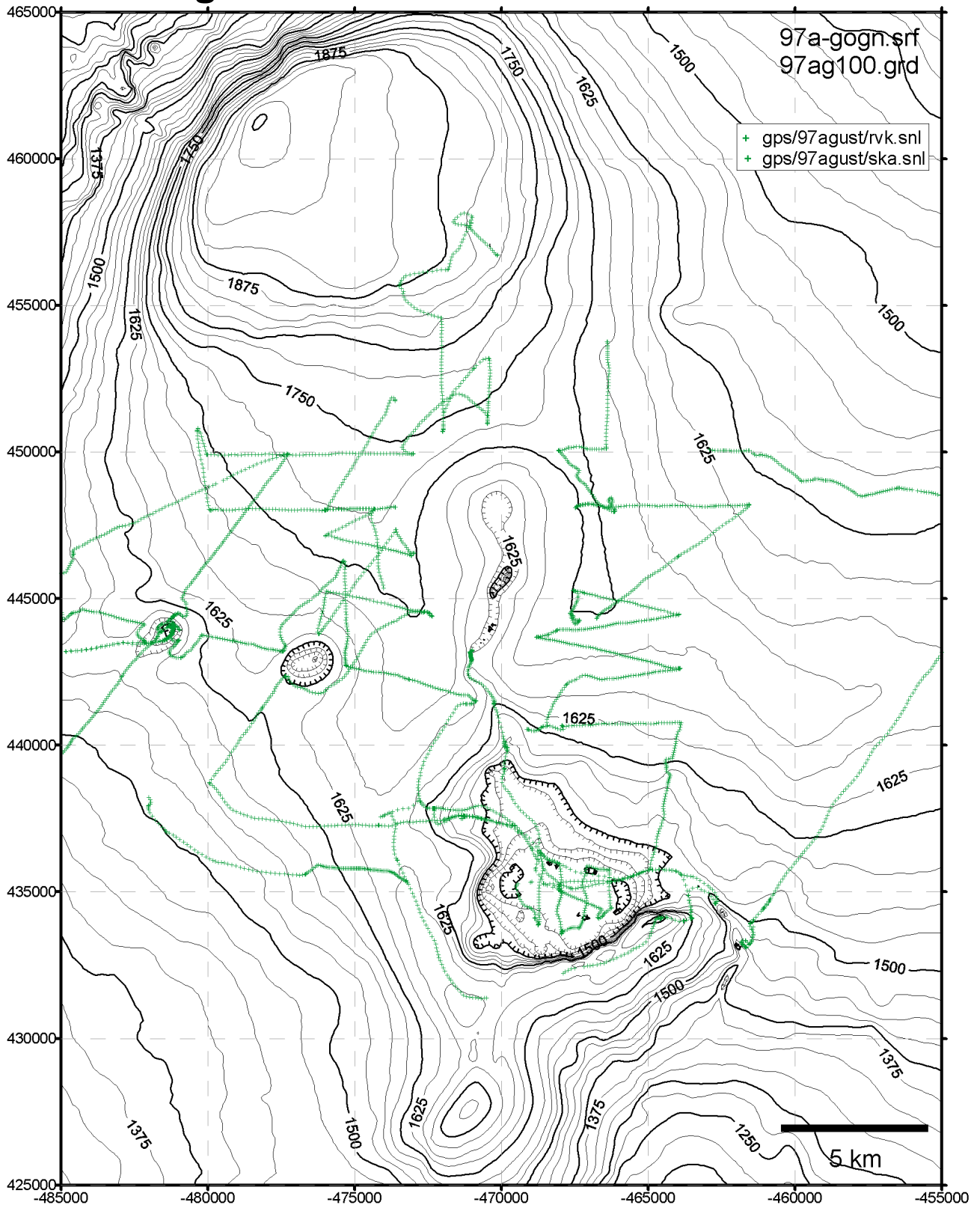
1995-1996



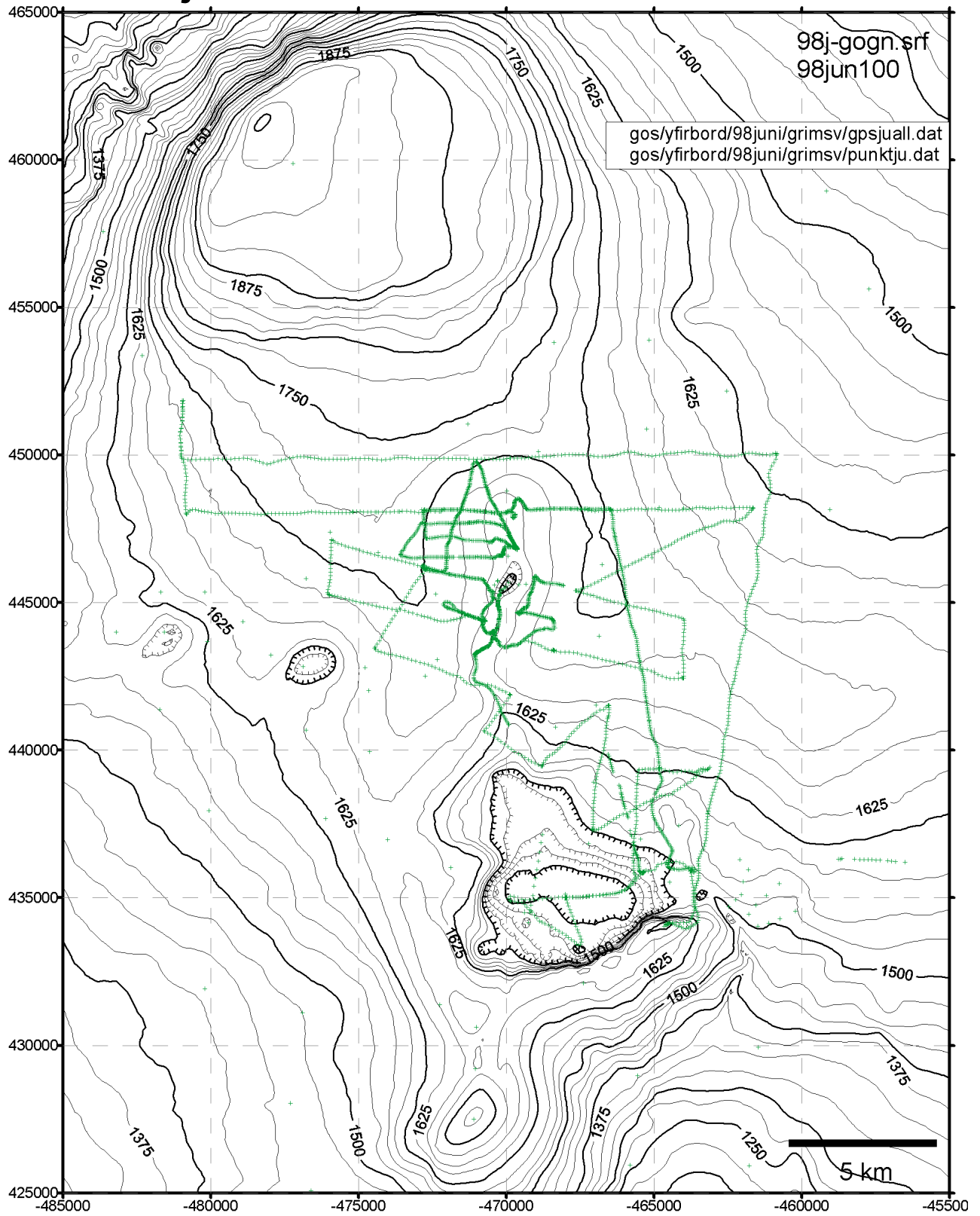
1997 júní



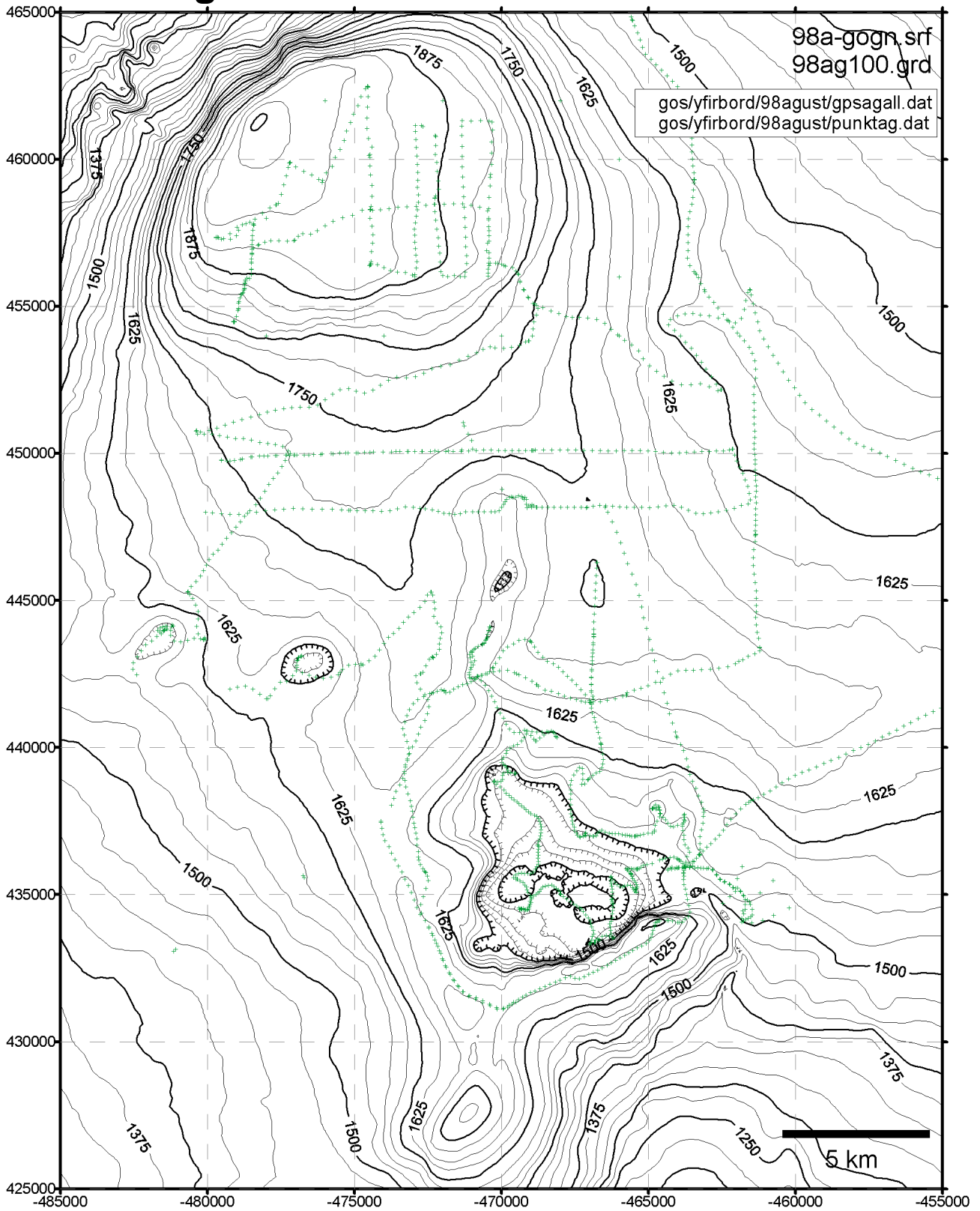
1997 ágúst



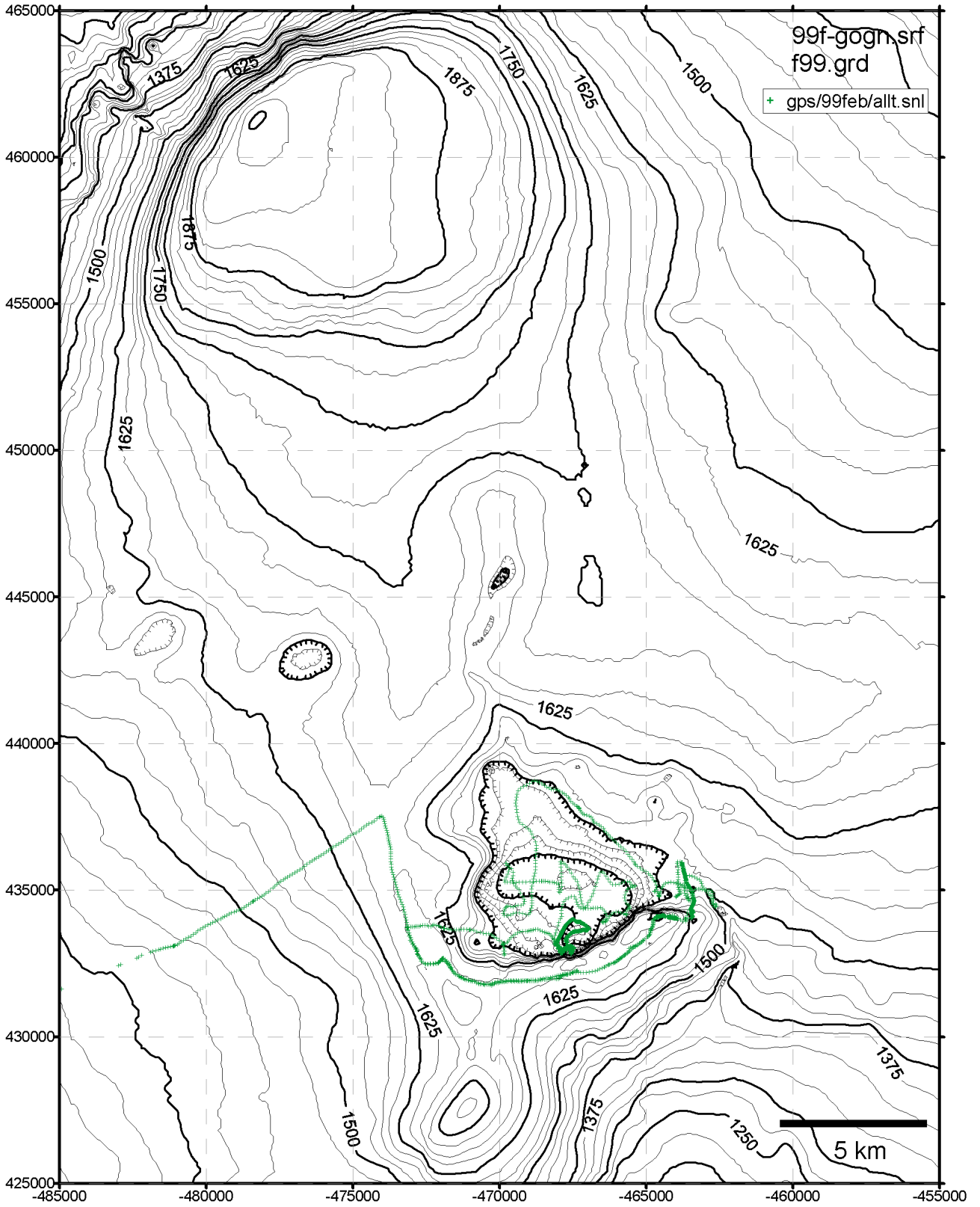
1998 júní



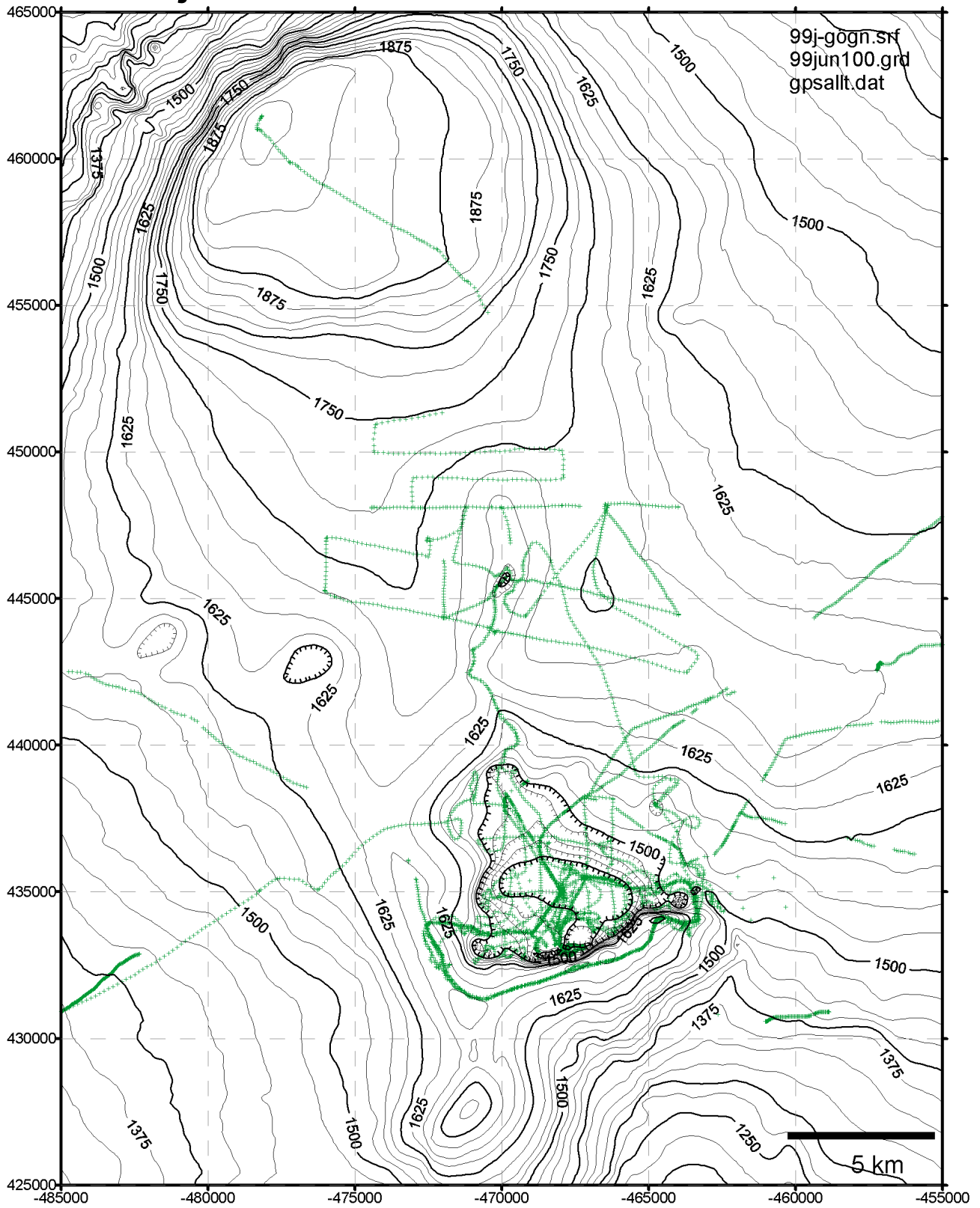
1998 ágúst



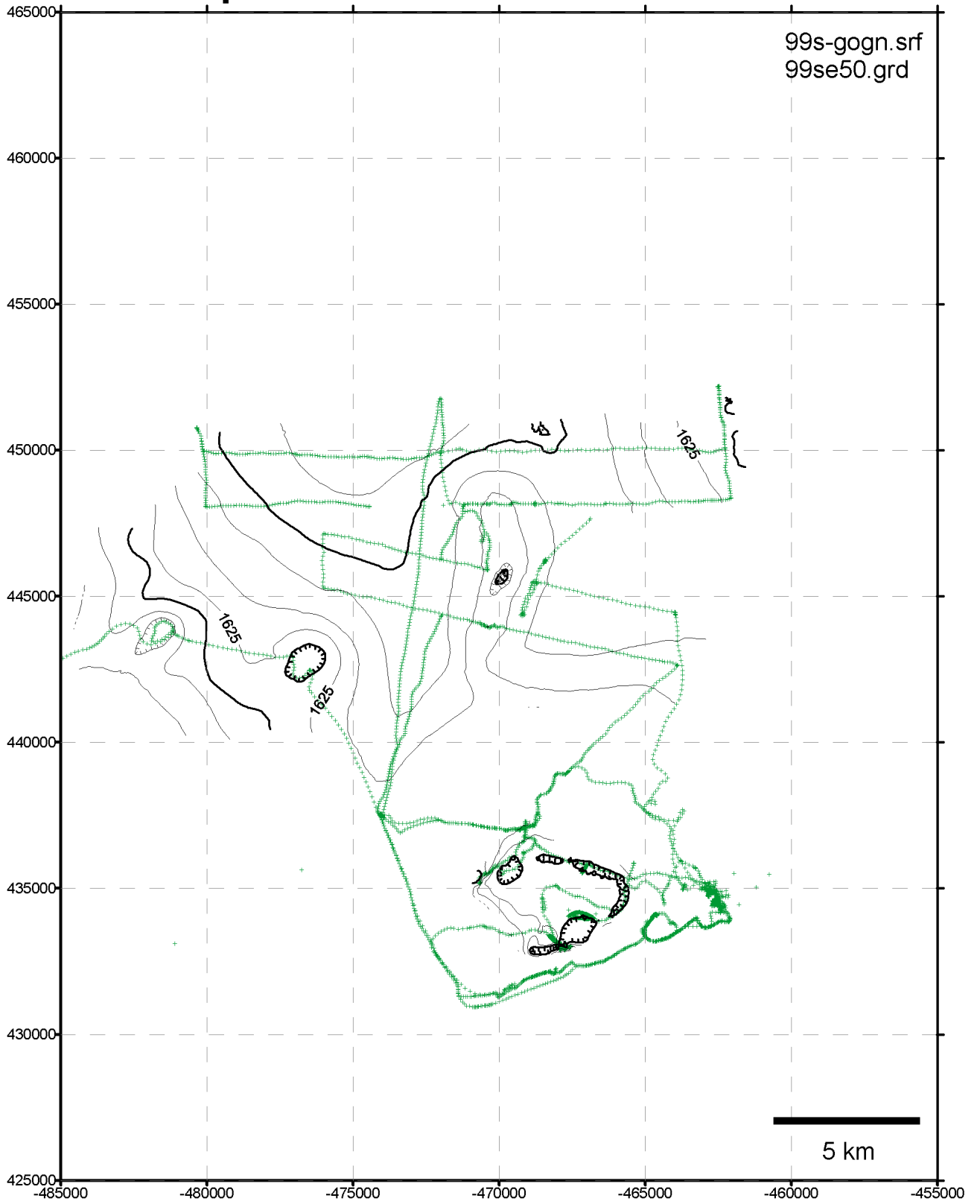
1999 febrúar



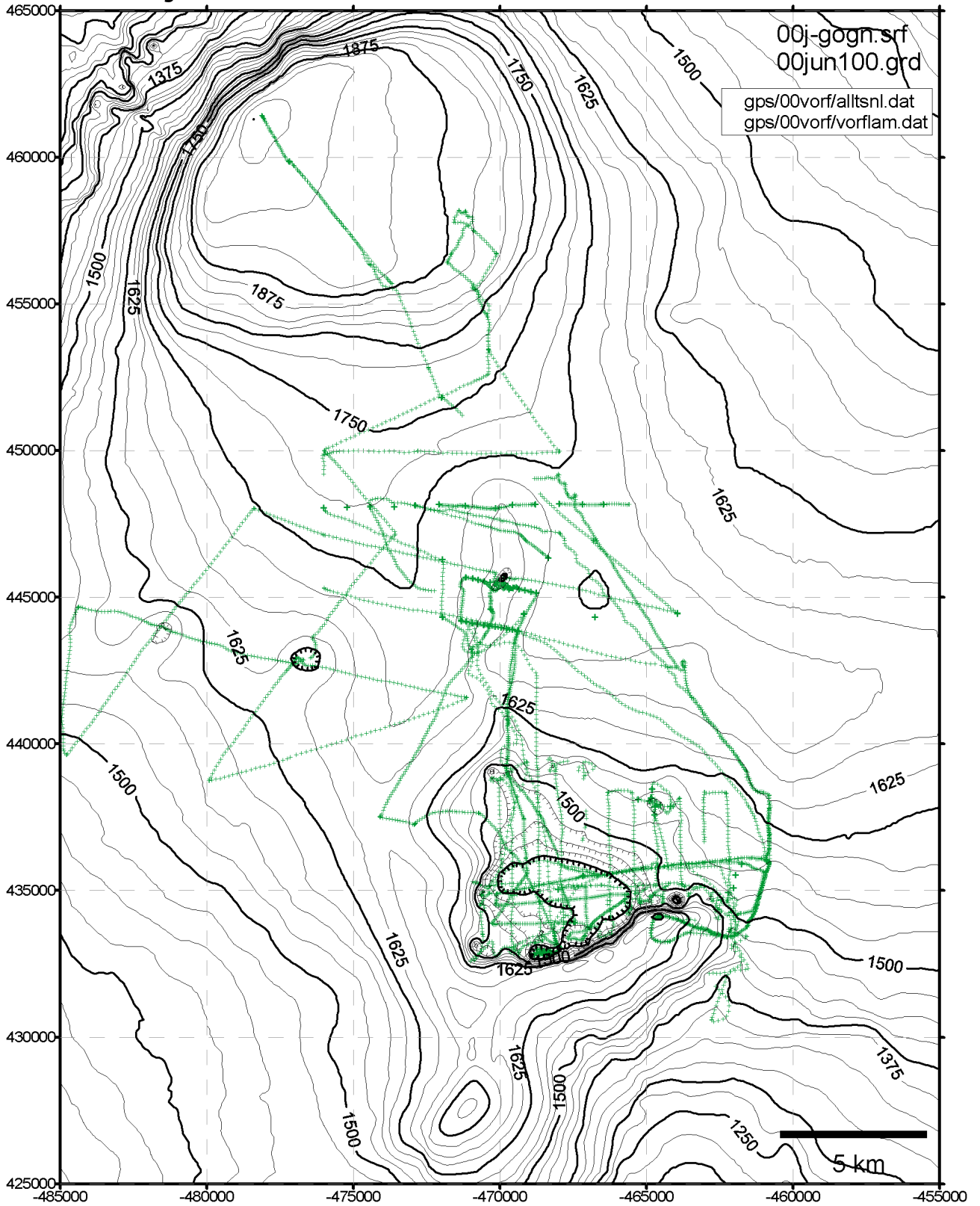
1999 júní



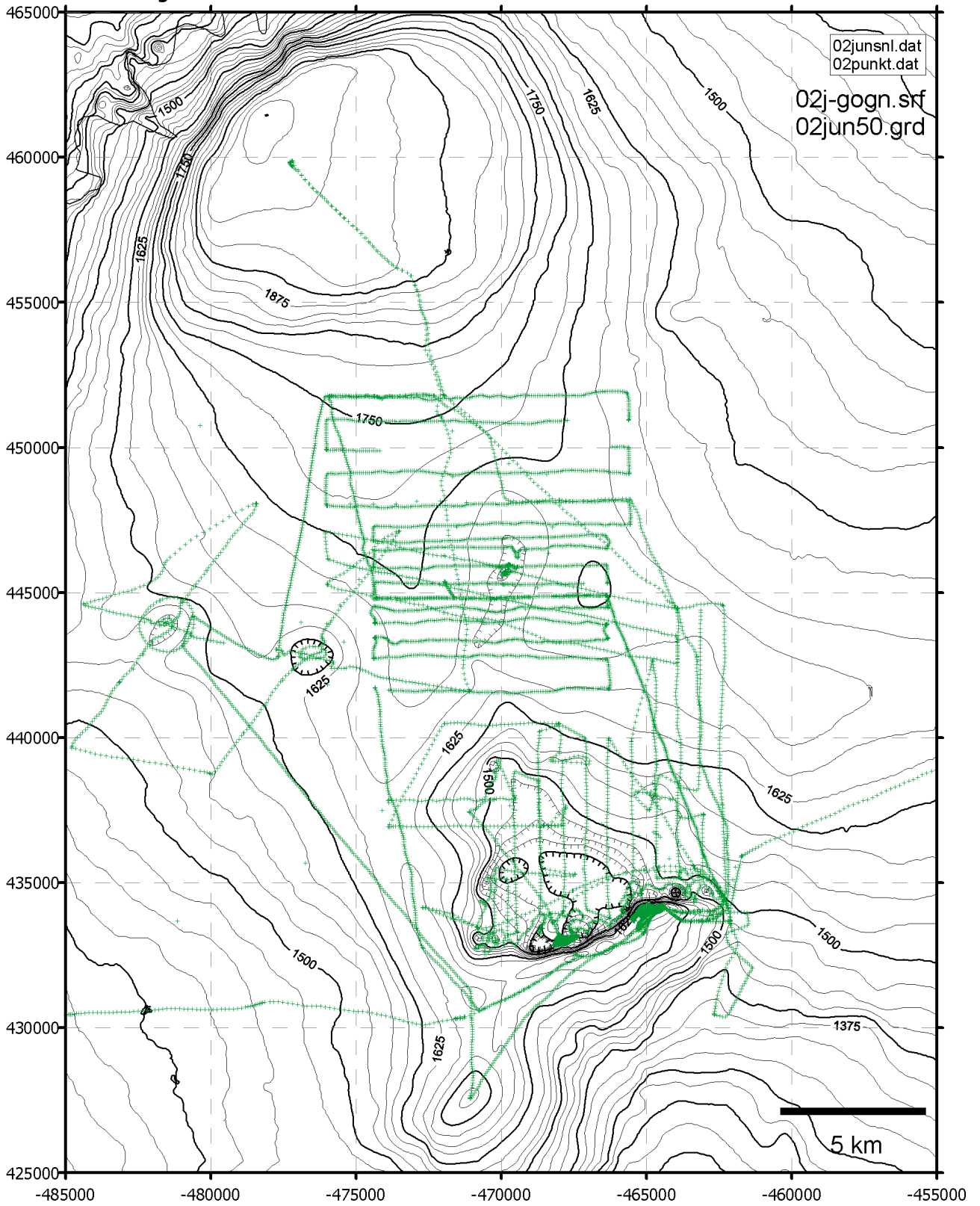
1999 september



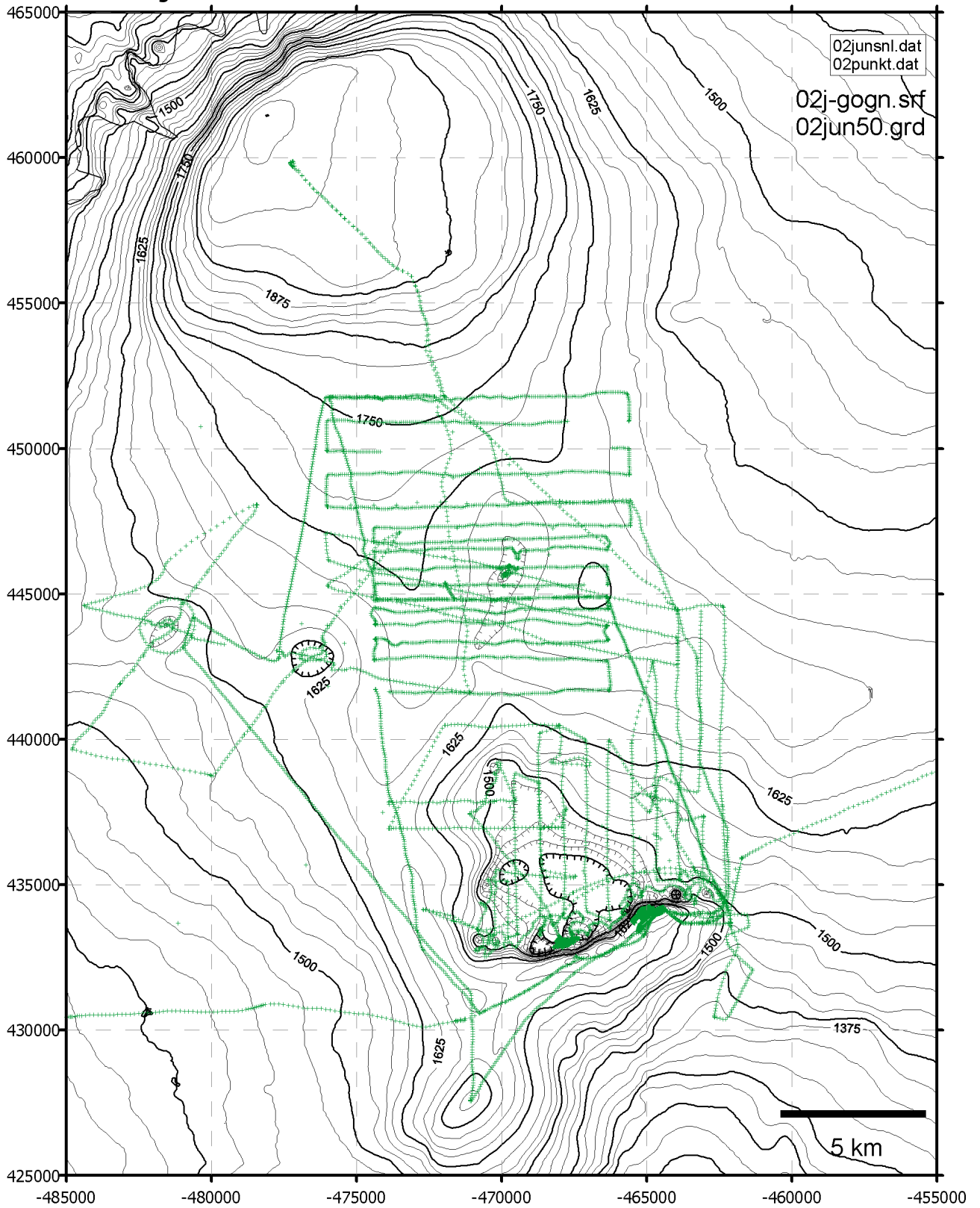
2000 júní



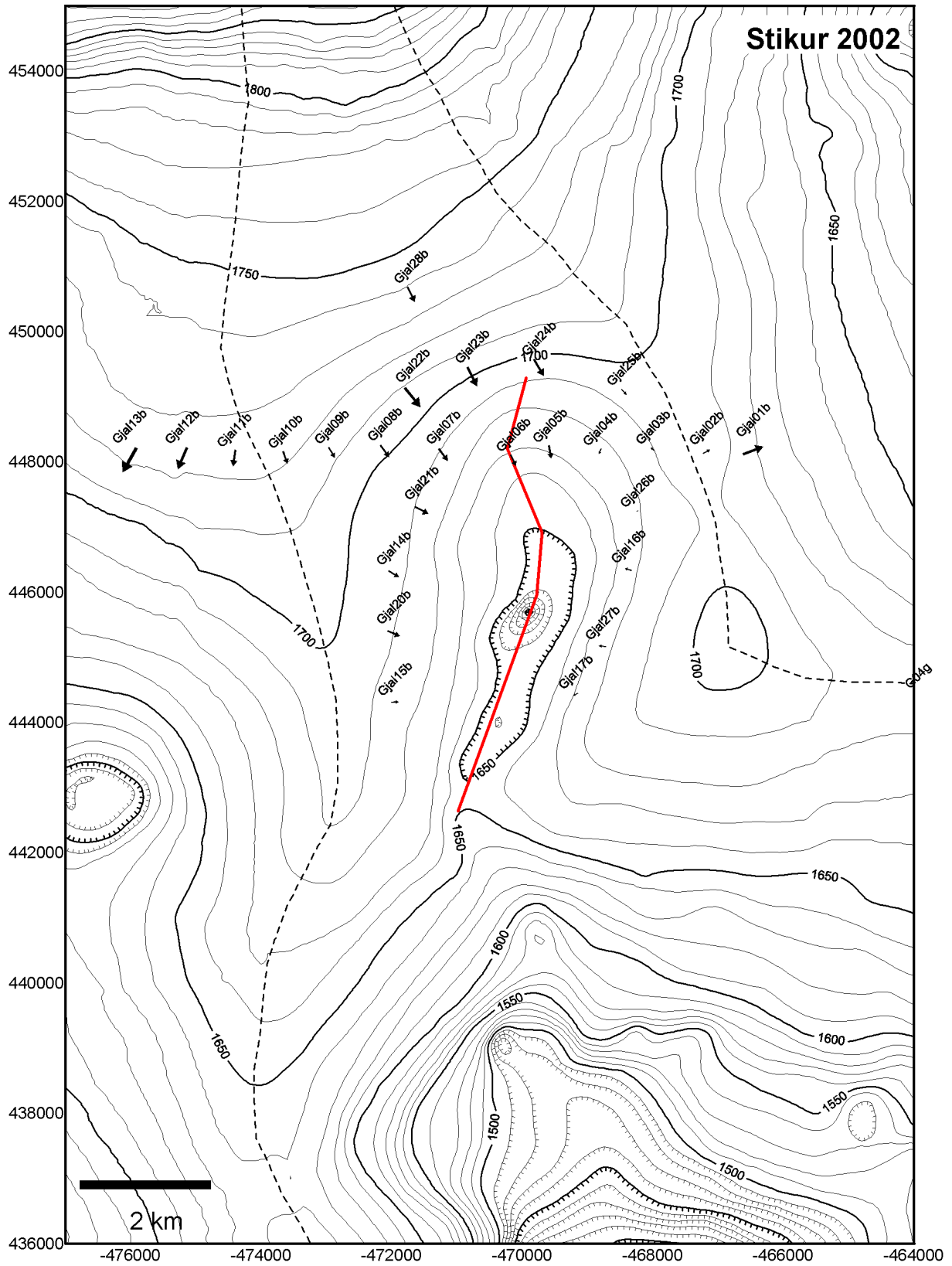
2001 júní



2002 júní



Viðauki B: Mælingar á ísskriði 1997-2002.



punktur	-xlam	ylam	hys	daga færsla		fjöldi	(m)	horn	cm/dag	stefna	
				dags1	dags2					m/ári	(gráður)
1997											
GJ02	-466755.5	444329.6	1697.4	970617	970824	68	1.2	192	1.81	6.62	-192
GJ06	-476002.5	448028.8	1720.8	970617	970824	68	2.5	121	3.66	13.36	-121
GJ07	-474323.5	448055.6	1727.4	970617	970824	68	5.1	172	7.45	27.2	-172
GJ08	-473616.1	448121.0	1721.4	970617	970824	68	5.5	154	8.15	29.76	-154
GO1A	-466402.5	453768.8	1680	970515	970824	111	8.6	94	7.7	28.12	-94
GO2A	-469646.9	453699.8	1757.1	970515	970824	111	5.6	126	5.01	18.27	-126
GO3A	-471243.2	453662.0	1788.6	970515	970824	111	8.6	152	7.77	28.37	-152
GO4A	-473623.6	451760.2	1772.1	970515	970824	111	6.4	176	5.77	21.06	-176
1998											
BB08	-480123.0	443671.1	97.9	980527	980826	91	7.2	246	7.94	28.98	-246
BB14	-471079.8	443177.5	41.6	980528	980825	89	1.4	160	1.57	5.73	-160
BB15	-472749.1	442512.1	91.2	980528	980826	90	1.3	194	1.4	5.1	-194
BB16	-474775.9	442797.2	53.2	980528	980826	90	3	260	3.38	12.33	-260
BB17	-469978.8	448785.9	52.4	980528	980824	88	6.9	170	7.85	28.64	-170
BB18	-466766.7	446283.1	51.6	980528	980825	89	1.7	186	1.93	7.03	-186
BB19	-466860.1	443861.1	90.2	980528	980825	89	1.4	182	1.56	5.7	-182
BB20	-466971.3	441536.0	46	980528	980825	89	4.1	186	4.64	16.95	-186
GO1b	-468908.5	450111.3	8.6	980615	980824	70	4	169	5.69	20.76	-169
GO2b	-471303.1	451051.3	39.4	980615	980824	70	4.6	149	6.55	23.9	-149
GO3b	-472393.3	445290.8	92.9	980615	980826	72	2.1	104	2.95	10.77	-104
GO4b	-472336.8	443077.9	89.1	980615	980826	72	1.1	99	1.55	5.67	-99
K06e	-477206.9	459876.2	68.6	980615	980826	72	1.2	119	1.71	6.22	-119
NV051	-466474.9	448168.6	93.7	980611	980824	74	1.4	102	1.84	6.73	-102
NV052	-467190.8	448164.8	50.8	980611	980824	74	0.5	182	0.68	2.47	-182
NV053	-467988.1	448184.0	87.1	980611	980824	74	0.9	216	1.21	4.41	-216
NV054	-468804.0	448165.5	66	980611	980824	74	1.8	233	2.47	9.03	-233
NV055	-469562.9	448475.5	48.8	980611	980824	74	3.5	187	4.66	17.02	-187
NV056	-470159.9	448026.7	36.2	980611	980824	74	3.7	147	5	18.26	-147
NV058	-471205.1	448121.7	64.9	980611	980824	74	6.3	135	8.49	30.98	-135
NV059	-472104.3	448160.0	87.3	980611	980824	74	4.8	131	6.46	23.58	-131
NV069	-472867.5	448145.2	4.5	980613	980824	72	3.4	134	4.7	17.15	-134
NV070	-473614.5	448089.9	20.6	980613	980824	72	1.4	135	1.88	6.86	-135
NV071	-474394.8	448065.6	26.1	980613	980824	72	2	234	2.75	10.04	-234
NV072	-475196.8	448079.4	24.7	980613	980824	72	2.4	220	3.36	12.25	-220
1999											
GO1c	-471998.1	451787.6	1758.3	990507	990923	139	8.3	156	5.94	21.67	-156
GP01a	-466376.2	448191.8	1687.5	990620	990924	96	2.7	21	2.8	10.21	-21
GP02a	-467195.4	448176.9	1695.6	990620	990924	96	1.8	350	1.88	6.86	-350
GP03a	-467969.7	448168.5	1684.2	990620	990924	96	1.9	288	1.94	7.09	-288
GP05a	-469594.8	448170.1	1648.1	990620	990924	96	2.6	218	2.7	9.87	-218
GP06a	-470345.7	448148.7	1645.4	990620	990924	96	2.6	142	2.73	9.98	-142
GP07a	-471194.4	448142.1	1674.3	990620	990923	95	4.1	138	4.36	15.9	-138
GP08a	-471918.9	448113.6	1686.1	990620	990923	95	2.7	119	2.88	10.52	-119

punktur	-xlam	ylam	hys	daga færsla			stefna				
				dags1	dags2	fjöldi	(m)	horn	cm/dag	m/ári (gráður)	
GP10a	-474436.8	448084.9	1723.4	990620	990923	95	1.7	175	1.78	6.5	-175
GP11a	-471974.4	446283.8	1688.2	990620	990923	95	1.9	112	2	7.31	-112
GP12a	-471970.2	444342.7	1682.2	990620	990923	95	1.5	125	1.53	5.59	-125

2000

Afkja19	-463951.2	444459.0	1686.6	615	915	92	2	355	2.14	7.82	-355
Gjal01	-466471.5	448163.9	1687.8	612	915	95	3.9	58	4.06	14.8	-58
Gjal02	-467178.4	448164.2	1697	612	915	95	0.6	270	0.61	2.21	-270
Gjal03	-467980.6	448193.2	1687	612	915	95	0.7	287	0.75	2.73	-287
Gjal04	-468797.4	448171.3	1670.2	612	915	95	1.3	283	1.33	4.85	-283
Gjal05	-469582.3	448151.8	1655.2	612	915	95	1.8	234	1.94	7.07	-234
Gjal06	-470149.2	448037.6	1652.1	612	915	95	1	175	1.08	3.93	-175
Gjal07	-471187.7	448126.2	1678.9	612	915	95	3.8	141	3.98	14.52	-141
Gjal08	-472087.0	448167.0	1694.5	612	915	95	3.1	131	3.3	12.04	-131
Gjal09	-472893.5	448142.2	1708.2	614	915	93	2	133	2.18	7.94	-133
Gjal10	-473599.2	448091.1	1718.2	614	915	93	1.4	160	1.53	5.57	-160
Gjal11	-474413.6	448084.6	1723.4	614	915	93	2.7	194	2.87	10.47	-194
Gjal12	-475214.0	448059.6	1721.9	614	915	93	3.3	219	3.52	12.83	-219
Gjal13	-476006.6	448045.9	1719.3	614	915	93	5	223	5.36	19.55	-223
Gjal14	-471967.7	446292.3	1686.3	614	915	93	0.7	57	0.76	2.78	-57
Gjal15	-471960.3	444326.5	1680.7	614	915	93	0.7	340	0.7	2.55	-340
Gjal16	-468362.4	446341.0	1672.8	614	915	93	1.4	287	1.5	5.48	-287
Gjal17	-469191.0	444440.3	1665.7	614	915	93	2.5	293	2.73	9.98	-293
Gjal18	-466762.6	444318.2	1694.4	614	915	93	1.2	308	1.27	4.62	-308
Gjal19	-463953.0	444452.8	1687	614	915	93	1.7	348	1.85	6.77	-348
G01d	-471994.0	451808.0	1755.6	615	915	92	2.1	150	2.24	8.18	-150

2001

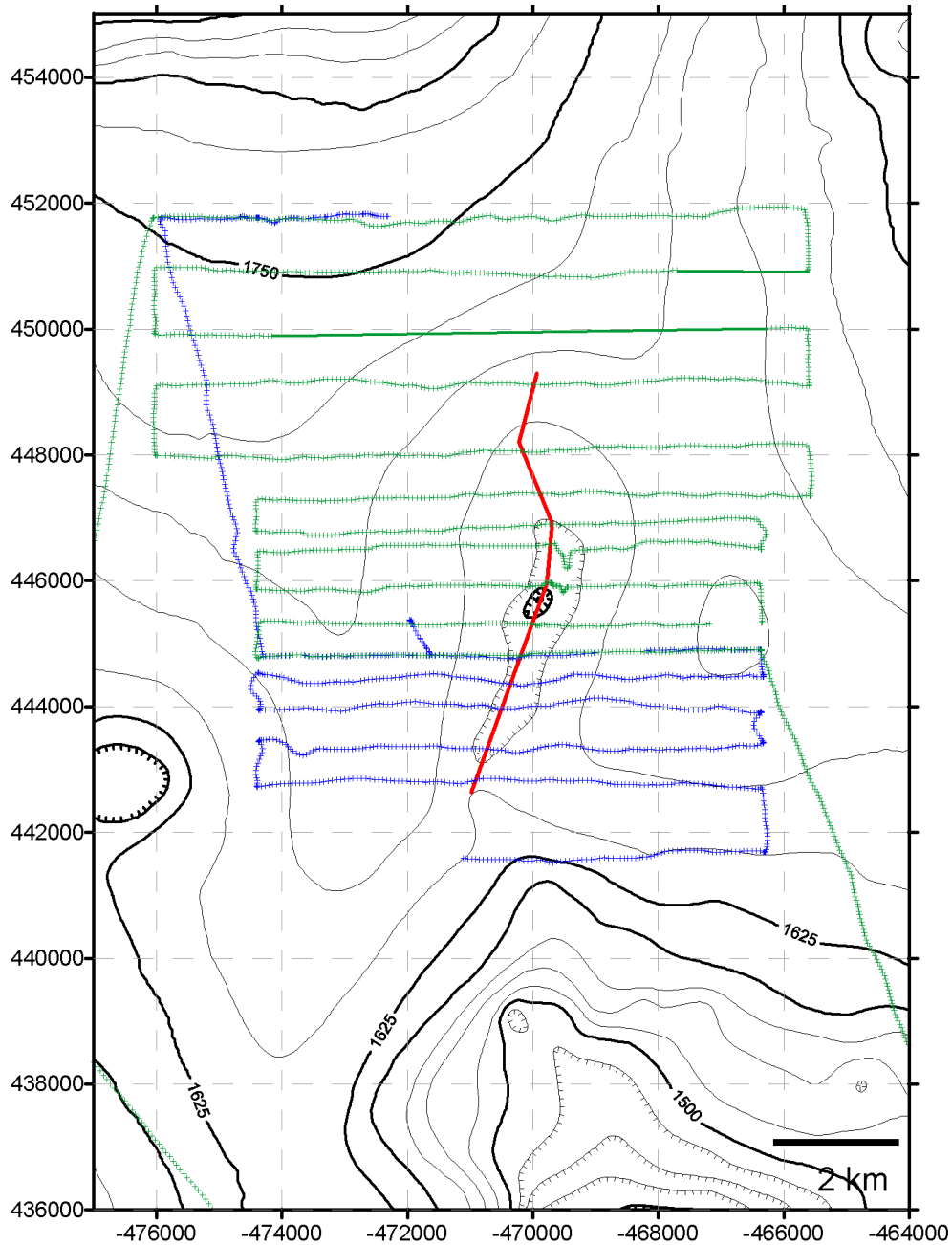
GJAL01a	-466390.5	448167.3	1679.4	10604	10915	97	5.5	106	5.69	20.76	-106
GJAL02a	-467194.2	448165.7	1692.7	10604	10915	97	3.1	130	3.21	11.71	-130
GJAL03a	-467974.1	448126.9	1685.1	10604	10915	97	2.5	158	2.54	9.25	-158
GJAL04a	-468806.2	448132.6	1671.2	10604	10915	97	3	155	3.07	11.19	-155
GJAL05a	-469623.6	448141.0	1659.8	10604	10915	97	5.1	150	5.23	19.07	-150
GJAL06a	-470172.0	448113.7	1660.1	10604	10915	97	5.4	142	5.53	20.19	-142
GJAL07a	-471211.0	448038.9	1682.5	10604	10915	97	5.6	136	5.76	21.04	-136
GJAL08a	-472076.6	448116.3	1695.4	10604	10915	97	4.1	145	4.26	15.53	-145
GJAL09a	-472897.0	448083.6	1707.6	10604	10915	97	5.9	150	6.07	22.16	-150
GJAL10a	-473607.4	448062.8	1716.6	10604	10915	97	4.4	156	4.52	16.5	-156
GJAL11a	-474376.7	448093.7	1720.9	10604	10915	97	3.7	170	3.81	13.89	-170
GJAL12a	-475215.0	448073.5	1719.6	10604	10915	97	4.1	190	4.25	15.51	-190
GJAL13a	-476039.9	448047.1	1716.5	10604	10915	97	5.1	197	5.22	19.07	-197
GJAL14a	-471947.6	446267.5	1687.3	10604	10916	97	3.5	147	3.65	13.31	-147
GJAL15a	-471935.9	444373.3	1682.1	10604	10916	97	1.8	155	1.82	6.63	-155
GJAL16a	-468370.9	446243.2	1672.2	10604	10916	97	2.7	197	2.76	10.06	-197
GJAL17a	-469185.4	444410.4	1667.8	10604	10916	97	0.8	261	0.81	2.96	-261
GJAL18a	-466747.6	444383.3	1694.6	10604	10916	97	4.2	168	4.37	15.95	-168
GJAL20a	-471932.2	445389.3	1685.9	10604	10916	97	2.4	149	2.5	9.14	-149

punktur	-xlam	ylam	hys	dags1	dags2	daga færsla			cm/dag	m/ári (gráður)	stefna
						fjöldi	(m)	horn			
GJAL22a	-471632.6	449008.9	1699.9	10604	10915	97	6	151	6.17	22.51	-151
GJAL23a	-470689.6	449322.4	1693.3	10604	10916	97	6.5	159	6.66	24.3	-159
GJAL24a	-469693.7	449453.2	1689.1	10604	10916	97	5.7	161	5.9	21.54	-161
GJAL25a	-468413.8	449047.6	1689.8	10604	10916	97	3.7	157	3.84	14.03	-157
GJAL26a	-468217.6	447184.2	1675.4	10604	10916	97	3.1	169	3.23	11.79	-169
GJAL27a	-468769.1	445152.3	1671.9	10604	10916	97	1.4	205	1.46	5.31	-205
G04f	-463950.0	444463.9	1687.5	10604	10916	97	0.8	77	0.83	3.03	-77
GO1e	-472022.1	451796.0	1772.1	10604	10915	97	8.2	173	8.47	30.93	-173

2002

G04g	-463939.9	444460.6	1688	20603	20913	102	0.5	37	0.47	1.73	-37
Gjal01b	-466460.5	448176.6	1681.6	20603	20913	102	3.7	70	3.63	13.26	-70
Gjal02b	-467175.6	448161.9	1695.5	20603	20913	102	1.3	59	1.28	4.66	-59
Gjal03b	-467995.5	448193.9	1690	20603	20913	102	0.8	311	0.77	2.82	-311
Gjal04b	-468805.5	448164.5	1677.2	20603	20913	102	1	206	0.95	3.46	-206
Gjal05b	-469574.3	448154.4	1669.1	20603	20913	102	2.3	170	2.21	8.08	-170
Gjal06b	-470134.9	448026.3	1668.6	20603	20913	102	2	154	1.98	7.22	-154
Gjal07b	-471208.3	448112.2	1689.9	20603	20913	102	2.6	144	2.57	9.37	-144
Gjal08b	-472103.1	448166.9	1702.4	20603	20913	102	2.5	144	2.46	8.97	-144
Gjal09b	-472917.0	448145.6	1712.6	20603	20913	102	2	148	1.98	7.24	-148
Gjal10b	-473629.0	448068.7	1720.7	20603	20913	102	2.2	160	2.14	7.82	-160
Gjal11b	-474411.5	448061.7	1723	20603	20913	102	2.8	189	2.74	10	-189
Gjal12b	-475207.9	448058.1	1721.2	20603	20913	102	4	203	3.94	14.37	-203
Gjal13b	-476015.5	448028.1	1718.6	20603	20913	102	4.8	210	4.74	17.29	-210
Gjal14b	-471969.0	446281.6	1691.8	20603	20913	102	2.1	121	2.05	7.49	-121
Gjal15b	-471949.3	444314.8	1685	20603	20913	102	1.2	88	1.15	4.18	-88
Gjal16b	-468372.7	446351.8	1674.8	20603	20913	102	1.1	288	1.11	4.06	-288
Gjal17b	-469179.9	444431.8	1670.5	20603	20913	102	0.9	239	0.85	3.1	-239
Gjal20b	-471968.2	445367.2	1689.4	20603	20913	102	2.3	112	2.23	8.13	-112
Gjal21b	-471539.6	447259.1	1688	20603	20913	102	2.6	118	2.56	9.34	-118
Gjal22b	-471678.2	448990.6	1705.6	20603	20913	102	4.2	141	4.14	15.11	-141
Gjal23b	-470764.8	449309.0	1699.6	20603	20913	102	3.7	153	3.62	13.2	-153
Gjal24b	-469743.4	449448.6	1694.6	20603	20913	102	3.3	150	3.21	11.73	-150
Gjal25b	-468438.9	449074.9	1694.5	20603	20913	102	1.2	138	1.21	4.4	-138
Gjal26b	-468233.4	447246.7	1678.5	20603	20913	102	0.3	248	0.3	1.08	-248
Gjal27b	-468769.0	445172.1	1674.5	20603	20913	102	1.2	275	1.19	4.34	-275
Gjal28b	-471701.5	450574.4	1737.7	20606	20913	99	2.7	153	2.76	10.09	-153

Viðauki C: Segulmælingar í júní 2002.



Mælingar fóru fram dagana 3. og 4. júní.

Fyrri daginn var mælinn dreginn af bíl en vélsleða seinni daginn. Notaður var Geometrics róteindamælir og DGPS til staðsetningar. Mæliflöskunni var komið fyrir í ósegulmögnum sleða sem dreginn var 15 m aftan við farartækið. Segulmæling var gerð á 10 sek fresti sem samsvarar 50-80 m milli mælinga.