



**ORKUSTOFNUN**

**RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri**

**NESJAVALLAVEITA**

**GPS-mælingar á  
Hengilssvæði í maí 2000  
og vatnsborðsmælingar  
á Þingvallavatni**

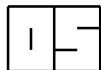
**Gunnar Þorbergsson**

**Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur**

**2000**

**OS-2000/035**





**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 8 730 014

*Nesjavallaveita*  
**GPS-mælingar á Hengils-  
svæði í maí 2000  
og vatnsborðsmælingar  
á Þingvallavatni**

**Gunnar Þorbergsson**

**Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur**

**OS-2000-035**

**Júní 2000**



<b>Skýrsla nr.:</b> OS-2000-035	<b>Dags.:</b> Júní 2000	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opín <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> Nesjavallaveita GPS-mælingar á Hengilssvæði í maí 2000 og vatnsborðsmælingar á Þingvallavatni	<b>Upplag:</b> 50	
	<b>Fjöldi síðna:</b> 22	
<b>Höfundar:</b> Gunnar Þorbergsson	<b>Verkefnisstjóri:</b> Benedikt Steingrímsson	
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Landmælingar, reglubundið eftirlit	<b>Verknúmer:</b> 8-730014	
<b>Unnið fyrir:</b> Orkuveitu Reykjavíkur		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Greint er frá GPS-mælingum í maí 2000. Mælt var í línunum meðfram vegum frá Mosfellsheiði að Nesjavallavirkjun, að Grafningsvegi og áfram austur fyrir Ölfusvatnsá. Einnig kringum virkjunina og þaðan yfir Ölkelduháls að Þjóðvegi 1 og loks frá Svínahrauni austur yfir Hellisheiði að Ölfusborgum. Niðurstöður voru annars vegar bornar saman við mælingar eftir jarðskjálftahrinu í júní 1998 og hins vegar við mælingar í júní 1999. Litlar breytingar hafa orðið 1999–2000, nema hvað land hefur sigið um tæpa 2 cm vestan og sunnan Nesjavallavirkjunar. Vatnsborð voru mæld við sjö hæðarmerki við Þingvallavatn og bornar saman við vatnsborðsmælingar 1994. Norðurendi vatnsins hefur sigið um 3 cm miðað við suðurendann á þessum sex árum.		
<b>Lykilorð:</b> Hengilssvæði, GPS, landbreytingar, vatnsborðsmælingar, Þingvallavatn	<b>ISBN-númer:</b>	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b>	
	<b>Yfirfarið af:</b> BS, PI	

## EFNISYFIRLIT

	Bls.
TÖFLUSKRÁ .....	4
MYNDASKRÁ .....	4
1 INNGANGUR .....	5
1.1 Fyrri mælingar .....	5
1.1.1 Fallmælingar frá 1982 til 1998 .....	5
1.1.2 GPS-mælingar 1998 .....	5
1.1.3 Reynsla af GPS-mælingum á Reykjanesskaga 1999 .....	5
1.1.4 GPS-mælingar á Hengilssvæði 1999 .....	6
1.2 Yfirlit yfir GPS-mælingar í maí árið 2000 .....	6
2 GPS-MÆLINGAR Í MAÍ ÁRIÐ 2000 .....	7
2.1 Framkvæmd .....	7
2.2 Úrvinnsla .....	10
2.2.1 Um kerfi ÍSN93, GRS80 og WGS84 .....	10
2.3 Niðurstöður .....	10
3 BREYTINGAR MILLI ÁRA .....	15
3.1 GPS-mælingar 1998, 1999 og 2000 .....	15
3.2 Vatnsborðsmælingar á Þingvallavatni .....	16
4 HEIMILDIR .....	18

## TÖFLUSKRÁ

	Bls.
1 Loftnetshæðir o. fl. samkvæmt mælibók .....	8
2 Niðurstöður útreikninga með WAVE .....	11
3 Yfirlit yfir niðurstöður jöfnunar .....	12
4 Baugahnit mælistöðva árið 2000 og hæðir yfir sporvölu .....	13
5 Keiluhnitt mælistöðva árið 2000 og hæðir yfir sporvölu .....	14
6 Keiluhnitt og hæðir yfir sporvölu 1998 og breytingar til 2000 .....	15
7 Keiluhnitt og hæðir yfir sporvölu 1999 og breytingar til 2000 .....	16
8 Vatnsborð á Þingvallavatni 24/6 2000 .....	17

## MYNDASKRÁ

	Bls.
1 GPS-mælingar við Hengil í maí 2000 .....	19
2 Breytingar lands frá júní 1998 til maí 2000 .....	20
3 Breytingar lands frá júní 1999 til maí 2000 .....	21
4 Hæðarbreytingar við Þingvallavatn 1994–2000 .....	22

## 1. INNGANGUR

### 1.1 Fyrri mælingar

#### 1.1.1 Fallmælingar frá 1982 til 1998

Orkustofnun fallmældi á Hengilssvæði með nokkurra ára millibili frá 1982 til 1998 til að fylgjast með hæðarbreytingum lands, lengst af í samvinnu við Hitaveitu Reykjavíkur.

#### 1.1.2 GPS-mælingar 1998

Árið 1998 var bæði fallmælt og í fyrsta sinn mælt með GPS-mælitækni í fallmældum lín-um á Hengilssvæði í þeim tilgangi að nota framvegis þá tækni og SAR-mælitækni í stað fallmælinga til að fylgjast með hreyfingum lands.

Með GPS-mælitækni er ekki hægt að mæla hæðir yfir sjó, en breyting á hæðarmun tveggja stöðva fengin úr tveimur GPS-mælingum, t. d. með árs millibili, er (nánast) jöfn breytingu á innbyrðis hæðarmun stöðvanna yfir sjó. GPS-mælingar hafa þann kost fram yfir fallmælingar að með endurteknum GPS-mælingum fæst bæði lárétt og lóðrétt innbyrðis hreyfing mælistöðva (og venjulega er talið að nákvæmni láréttra hnita sé þrefalt betri en nákvæmni hæða).

Fyrirfram var vitað að nákvæmni GPS-hæðarmælinga væri lakari en hæðarmæling með fallmælitæki og invarkvörðum, nema mælitíminn við GPS-mælingarnar sé mjög langur (nemi sólarhringum). En ætlunin var að reyna að beita GPS-mælitækninni einhvern veginn þannig að kostnaður við mælingarnar væri minni en við fallmælingar, nákvæmnin væri ekki mikið lakari, og mælistöðvar dreifðust þannig (t. d. eftir áður fallmældum lín-um) að þær gæfu góðar upplýsingar um landbreytingar á mælisvæðinu.

GPS-mælingarnar 1998 hófust 18. maí, en þegar þær voru langt komnar hófst jarðskjálftahrina, sem stóð 3.—6. júní. Að henni lokinni var lögð áhersla á að endurmæla í sömu stöðvum og fyrir skjálftahrinuna til að fá upplýsingar um landbreytingar í hrinunni. Fallmælingarnar fóru fram á tímabilinu frá 11. júní til 16. júlí. Skýrsla OS-98060 fjallar um allar þessar mælingar (Gunnar Þorbergsson og Guðmundur H. Vigfússon 1998).

#### 1.1.3 Reynsla af GPS-mælingum á Reykjanesskaga 1999

Í apríl og maí 1999 var mælt fyrir Hitaveitu Suðurnesja á utanverðum Reykjanesskaga (Gunnar Þorbergsson og Guðmundur H. Vigfússon 1999). Þá gafst betra næði en áður til að reyna að meta hvaða aðferð við GPS-mælingar væri heppilegust með tilliti til nákvæmni og kostnaðar. Stuðst var við reynsluna af þessum mælingum við mælingar á Hengilssvæðinu 1999 og 2000, og því er rétt að segja stuttlega frá þeirri reynslu hér:

- Hafin var mæling í eins konar aðalneti (sem á teikningu leit út eins og þríhyrninganet) með 6—10 km löngum línu. Mælt var í 4 klst. Tegund lausnar við útreikning rúmvektora var "iono free fixed". Hætt var við mælingarnar þegar í ljós kom að skekkjur í þríhyrningum (closure) námu oft 2—3 cm. Eftir þessa reynslu var mælt net (sem á teikningu leit út eins og fallmælt net) með stuttum rúmvektorum.

- Mælt var í 1,5—3 klst með 15 sek. milli mælinga.
- Lengd rúmvektora var undir 3 km.
- Tegund lausnar við útreikning rúmvektora var "L1 fixed".
- Endurmælt var ef viðmiðunarfervik (reference variance) fór yfir 3.
- Með hliðsjón af skekkjum í marghyrningum, aðallega í nokkrum þríhyrningum á Reykjanesi, var talið að nákvæmni einstakra rúmvektora væri nálægt 3 mm.

#### 1.1.4 GPS-mælingar á Hengilssvæði 1999

Árið 1999 fóru GPS-mælingar fram á Hengilssvæði á tímabilinu 8. júní til 2. júlí. (Gunnar Þorbergsson 1999). Mælt var eftir línu með heitavatnspípu á Mosfellsheiði, fram hjá Nesjavallavirkjun og með Grafningsvegi austur yfir Ölfusvatnsá. Einnig var mælt í allmörgum stöðvum umhverfis virkjunina, og þaðan suður yfir Ölkelduháls, um Svínahlíð og Hengladalsveg að Þjóðvegi 1.

Skilyrði til mælinga (þ. e. ástand jónhvolsins) reyndust mun lakari í júní en á Reykjaneskaga í apríl og maí.

#### 1.2 Yfirlit yfir GPS-mælingar í maí árið 2000

Tvö mælitæki Landsvirkjunar voru notuð við GPS-mælingarnar eins og 1998 og 1999, en að auki var eitt tæki leigt af Landmælingum Íslands.

Með hliðsjón af mælingunum 1999 var ákveðið að mæla í 4 klst tvisvar á dag. Hafist var handa við mælingarnar 9. maí í þeim tilgangi að ljúka þeim áður en nota þyrfti mælitækin við aðrar mælingar. Vegna snjóá urðu nokkrar tafir áður en hægt var að aka á Öklelduháls, og mælingunum lauk því ekki fyrr en 29. maí.

Mynd 1 sýnir GPS-mælingar á Hengilssvæði árið 2000. Mælt var frá stöð HH45 á Mosfellsheiði með pípulínu að Nesjavallavirkjun, austur á Grafningsveg og með honum í stöð AU216 austan Ölfusvatnsár. Mælt var í nokkrum stöðvum umhverfis virkjun, þaðan suður á Ölkelduháls og í stöðvum í Svínahlíð og við Hengladalsá að stöð 7404 við Þjóðveg 1. Einnig var mæld lína frá stöð HH22 í Svínahrauni, með vegi að Kolviðarhóli og eftir Þjóðvegi 1, um Hveragerði, og endað í landmælingastöpli við Ölfusborgir.

Skilyrði til mælinga (ástand jónhvolsins) voru mun betri en við mælingarnar 1999, en þó þyrfti að endurmæla nokkrum sinnum.

Á mynd 2 eru sýndar láréttar og lóðréttar breytingar í mælistöðvum frá því eftir jarðskjálftahrinu í júní 1998 þar til í maí 2000.

Á mynd 3 eru sýndar láréttar og lóðréttar breytingar í mælistöðvum milli mælinga í júní 1999 og maí 2000.



## 2. GPS-MÆLINGAR Í MAÍ ÁRIÐ 2000

### 2.1 Framkvæmd

Tvö mælitæki Landsvirkjunar (Trimble 4400SSi) og eitt tæki Landmælinga Íslands (Trimble 4000SSi) voru notuð við mælingarnar. Öll loftnetin með mælitækjunum þremur hafa sömu einkennistölar.

Áður en mælingarnar hófust voru þristúfar (tribrach), sem nota átti við mælingarnar skoðaðir. Engra leiðréttinga var þörf, enda eru þristúfarnir hafðir í umbúðum úr svampi við geymslu og flutninga.

Mælt var í 4 klst á 15 sek fresti tvisvar á dag. Mælingarnar stóðu, með viku hléi vegna skafra á vegum, frá 9. til 29. maí.

Mynd 1 sýnir mælinúr (rúmvektora) við GPS-mælingarnar í maí árið 2000. Mælingarnar ná yfir sama svæði og 1999 og að auki frá Svínahrauni austur yfir Helligheiði í Hveragerði og Ölfusborgir.

Einn maður var við mælingarnar. Hann stillti upp þremur mælitækjum, mældi í 4 klst (t.d milli kl. 7 og 11) og flutti svo tvö eða þrjú tæki í nýjar mælistöðvar. Að síðari mælingu lokinni (t.d milli kl. 12 og 16) voru tækin tekin saman og ekið til Reykjavíkur, rafhlöður settar í hleðslu, gögn flutt úr mælitækjum í tölvu og á disklinga. Loks var reiknað út úr mælingum dagsins til að ákveða hvort endurmælinga væri þörf.

Tafla 1 sýnir hvenær mælt var í hverri stöð, nafn mæliskrár (á disklingi) og hæð loftnets eins og hún var skráð í mælibók.

Í flestum tilvikum (nema við landmælingastöpla) var loftneti stillt upp á þrífæti og yfir bolta í jörð (með því að nota optískt lóð á þristúfi). Loftnetshæðin var þá mæld, áður en kveikt var á mælitæki, á þremur stöðum skáhalt frá bolta í jörð að neðri brún jarðskífu í raufum með númerum (raufum 1-5-9, 2-6-10, 3-7-11 eða 4-8-12) og álestrarnir skráðir í mælibók. Meðaltalið var fært óleiðrétt (uncorrected) í minni mælitækis (eða í handtölvur með tækjum 4400SSi). Eftir að slökkt hafði verið á tæki að mælingu lokinni, var loftnetshæð mæld aftur á sama hátt og merkt við í mælibók.

Áður en stillt er upp á landmælingastöpli er málband lagt lóðrétt við hlið stöplulsins og hallamál ofan á enda málbandsins og á boltann í yfirborði stöplulsins. Málbandið er látið skriða upp eða niður þangað til hallamálið er lárétt og þá er merkt við (á límmiða) á hlið stöplulsins þar sem málbandið sýnir 100 mm undir hallamálinu. Þegar loftnetinu með jarðskífundi hefur verið stillt upp (á þristúf) á stöplinum, er málbandið notað aftur til að mæla frá striki á hlið stöpluls lóðrétt upp undir neðra borð jarðskífunnar. Frá þeim álestri þarf að draga 100 mm og bæta 7 mm við til að fá rétta lóðrétta (true vertical) fjarlægð frá bolt að fasamiðju loftnetsins.

Tafla 1. Loftnets hæðir o. fl. samkvæmt mælibók						
Dags.	Dagur	Tími	Mæli- stöð	Mæli- skrá	Loftnets- hæð	Athuga- semd
9/5	130	0626-1103 0702-1623 1155-1602	HH38 V304 NV16	HH381300 V3041300 NV161300	1,024 u 0,973 u 1,092 u	1) 2)
10/5	131	0605-1618 0651-1112 0713-1108 1152-1640 1217-1656	HH41 NV35 HH38 HH43 HH45	HH411310 NV351310 HH381310 HH431310 HH451310	1,134 u 1,493 u 1,025 u 0,985 u 1,091 u	
11/5	132	1340-1810 0912-1312 0850-1744 1347-1757	7315 NV10 NV35 NV10	73151320 NV101320 NV351320 NV101321	1,171 u 1,109 u 1,489 u 1,109 u	
12/5	133	0607-1050 0628-1553 0650-1113 1142-1611 1202-1622	HH38 NV10 NV33 NE58 V304	HH381330 NV101330 NV331330 NE581330 V3041330	1,137 u 1,110 u 1,039 u 1,165 u 1,162 u	
13/5	134	0603-1101 0620-1043 0637-1037 1125-1605 1144-1553 1153-1620	HH38 NV10 V304 NE58 NV16 V304	HH381340 NV101340 V3041340 NE581340 NV161340 V3041341	1,022 u 1,110 u 1,163 u 1,207 u 1,024 u 1,163 u	
14/5	135	0648-1112 0617-1048 0642-1101 1253-1653 1246-1703 1237-1717	NV16 A216 7347 NE58 NV33 7274	NV161350 A2161350 73471350 NE581350 NV331350 72741350	1,042 u 1,097 u 0,934 u 1,110 u 1,052 u 1,193 u	
16/5	137	0522-1017 0541-1011 0602-1002 1111-1532 1123-1617 1131-1601	7315 7274 NV33 NV04 NV33 7274	73151370 72741370 NV331370 NV041370 NV331371 72741371	1,109 u 1,193 u 1,039 u 1,117 u 1,039 u 1,193 u	

Tafla 1. Loftnetshæðir o. fl. samkvæmt mælibók (framhald)						
Dags.	Dagur	Tími	Mæli- stöð	Mæli- skrá	Loftnets- hæð	Athuga- semd
17/5	138	0700-1101 0655-1106 1139-1643 1144-1629	HH15 HH19 HH19 HH15	HH151380 HH191380 HH191381 HH151381	1,146 u 1,167 u 1,167 u 1,146 u	
18/5	139	0650-1117 0640-1059 0630-1050	HH15 HH09 HH04	HH151390 HH091390 HH041390	1,150 u 1,200 u 1,164 u	3)
18/5	140	0650-1049 0637-1107 0628-1122 1324-1802 1209-1730 1230-1744	HH09 HH04 7404 0305 OLFS 1401	HH091400 HH041400 74041400 03051400 OLFS1400 14011400	1,159 u 1,163 u 1,055 u 0,112 t 0,113 t 1,153 u	4)
20/5	141	0606-1119 0625-1105 0650-1050 1158-1633 1216-1616	7404 0305 HH52 HH19 HH22	74041410 03051410 HH521410 HH191410 HH221410	1,021 u 0,115 t 1,131 u 1,140 u 1,123 u	
27/5	148	0505-1429 0629-1536 0844-1344	7393 7274 7399	73731480 72741480 73991490	1,102 u 1,135 u 1,130 u	
28/5	149	0624-1317 0706-1250 0732-1232	7399 7402 7404	73991490 74021490 74041490	1,130 u 1,032 u 1,142 u	
29/5	150	0449-1350 0601-1454	7274 7393	72741500 73931500	1,155 u 1,120 u	

1) 'u' (uncorrected): Loftnetshæð mæld sem óleiðrétt skáfjarlægð.  
2) Nafn stöðvar er VR304 á disklingi, en var breytt í V304 við úrvinnslu.  
3) Hætt að lokinni mælingu vegna hvassviðris.  
4) 't' (true vertical): Loftnetshæð mæld lóðrétt og skráð leiðrétt.

## 2.2 Úrvinnsla

Við úrvinnslu mælinganna var hæð á stöð HH45 á Mosfellsheiði haldið fastri eins og ávallt áður, og láréttum hnitum (breidd og lengd) á stöð HH38 norðan við Dyradal var haldið óbreyttum frá 1998.

Rúmvektorar voru reiknaðir með forriti WAVE (sem er hluti af GPSurvey frá Trimble) og niðurstöður útreikninganna eru í töflu 2. Mælingar, sem var hafnað (þar sem endurmælt var) eru ekki með í töflunni. Nokkrar línur með allstöru viðmiðunarferviki (reference variance) eru í töflunni. Þær eru flestar í nágrenni virkjunarinnar í fullmældum þríhyrningum.

Mæliskekkjum var jafnað með forriti, sem er hluti af GPSurvey, og yfirlit yfir jöfnunina er í töflu 3.

### 2.2.1 Um kerfi ÍSN93, GRS80 og WGS84

Sporvalan, sem notuð er í kerfi ÍSN93, er hluti af alþjóðlegum staðli, GRS80 (Geodetic Reference System 1980), sem samþykktur var á þingi IUGG (International Union og Geodesy and Geophysics) í Canberra í desember 1979. Hálfásarnir eru  $a = 6378137$  m og  $b = 6356752,3141$  m (Moritz 1984). Geta má þess að sporvala GRS80 er m. a. notuð í NAD83, North American Datum 1983.

Sporvalan, sem notuð er í kerfi WGS84, World Geodetic System 1984, hefur hálfásana  $a = 6378137$  m og  $b = 6356752,3142$  m (Department of Defense 1988). Þessi sporvala er notuð við rekstur GPS staðsetningarkerfisins.

Reikna má út úr GPS-mælineti, sem er innan við 640 km í þvermál, á eftirfarandi hátt:

- Gengið er út frá hnitum í grunnstöðvaneti (sporvala GRS80).
- Reiknað er í kerfi WGS84.
- Reiknaðar breiddir, lengdir og hæðir yfir sporvölu eru túlkaðar með 0,01 mm nákvæmni sem stærðir miðaðar við sporvölu GRS80.
- Jarðmiðjuhnita er að engu getið.

## 2.3 Niðurstöður

Breidd og lengd mælistöðva og hæð yfir sporvölu eru í töflu 4. Viðmiðun (geodetic datum) er ÍSN93 með sporvölu GRS80.

Keiluhnit (og hæðir yfir sporvölu) með sömu viðmiðun eru gefin í töflu 5. Keiluhnitin eru fengin með hornsannri vörpun Lamberts af sporvölu á keilu, þannig að mælikvarði er 1:1 á breiddarbaugum  $64^{\circ}15'N$  og  $65^{\circ}45'N$ . X-ásinn stefnir austur og Y-ásinn norður sam-síða hádegisbaugi á  $19^{\circ}V$ . Staður ( $65^{\circ}N$ ,  $19^{\circ}V$ ) hefur hnitin  $X = 500000$  m,  $Y = 500000$  m.

Tafla 2. Niðurstöður útreikninga með WAVE							
Frá stöð	Til stöðvar	Tegund lausnar	Skáfjarlægð (m)	Hlutfall (Ratio)	Viðm.-fervik	Loftnetshæðir (m)	(m)
1401	0305	L1 fixed	1526.165	10.9	3.587	1.153u	0.112t
7274	7393	L1 fixed	4073.999	14.9	4.124	1.155u	1.120u
7274	NV33	L1 fixed	1876.752	8.4	5.029	1.193u	1.052u
7315	7274	L1 fixed	1276.475	10.6	3.443	1.109u	1.193u
7315	NV33	L1 fixed	1517.285	6.7	2.740	1.109u	1.039u
7315	NV35	L1 fixed	1055.028	5.6	9.479	1.171u	1.489u
7347	NV16	L1 fixed	1785.585	20.3	2.456	0.934u	1.042u
7393	7399	L1 fixed	1482.624	15.1	3.616	1.102u	1.130u
7399	7402	L1 fixed	1712.420	15.8	3.368	1.130u	1.032u
7402	7404	L1 fixed	1851.435	12.3	2.904	1.032u	1.142u
7404	HH52	L1 fixed	1430.747	12.7	1.736	1.021u	1.131u
A216	7347	L1 fixed	2232.072	22.6	2.537	1.097u	0.934u
HH04	7404	L1 fixed	2012.338	16.6	3.792	1.163u	1.055u
HH04	HH09	L1 fixed	2635.230	11.4	5.747	1.163u	1.159u
HH15	HH09	L1 fixed	2011.836	9.6	6.243	1.150u	1.200u
HH19	HH15	L1 fixed	1819.737	3.9	3.949	1.167u	1.146u
HH19	HH22	L1 fixed	2373.169	9.1	3.523	1.140u	1.123u
HH38	NV10	L1 fixed	2257.308	9.6	3.663	1.022u	1.110u
HH38	NV35	L1 fixed	1597.412	23.8	2.312	1.025u	1.493u
HH38	V304	L1 fixed	2967.409	9.5	3.587	1.022u	1.163u
HH41	HH38	L1 fixed	1228.357	30.2	1.291	1.134u	1.025u
HH43	HH41	L1 fixed	2611.181	10.1	2.169	0.985u	1.134u
HH45	HH43	L1 fixed	1645.905	9.3	1.490	1.091u	0.985u
HH52	0305	L1 fixed	2048.841	11.5	2.832	1.131u	0.115t
NE58	V304	L1 fixed	1038.425	6.0	3.668	1.165u	1.162u
NV04	7274	L1 fixed	1339.377	16.1	1.989	1.117u	1.193u
NV10	7315	L1 fixed	1318.387	6.3	8.383	1.109u	1.171u
NV10	NE58	L1 fixed	1750.902	4.8	6.176	1.110u	1.165u
NV10	NV33	L1 fixed	957.101	5.6	7.064	1.110u	1.039u
NV10	NV35	L1 fixed	1116.513	10.6	4.609	1.109u	1.489u
NV16	NE58	L1 fixed	2553.578	14.3	2.097	1.024u	1.207u
NV16	V304	L1 fixed	3101.934	10.5	2.333	1.024u	1.163u
NV33	NE58	L1 fixed	1425.557	11.0	3.679	1.052u	1.110u
NV33	NV04	L1 fixed	1247.440	19.3	1.579	1.039u	1.117u
OLFS	1401	L1 fixed	1904.749	9.7	3.511	0.113t	1.153u

Tafla 3. Yfirlit yfir niðurstöður jöfnunar	
Ferviksstuðull (global scalar)	4,2
Fjöldi mæliflína	35
Stærsta leiðrétting stefnu (")	0,35
Stærsta leiðrétting lengdar (mm)	1
Stærsta leiðrétting hæðarauka (mm)	7
Stærsta hlutfall hálfáss í staðalellipsu á móti lengd vektors í milljónustu hlutum (ppm)	1,3
Stærsta staðalfrávik mælds hæðarauka (mm)	5
$\tau$ -gildi	3,16
Fjöldi útlaga	0
Þekktar stöðvar	1
Reiknaðar stöðvar	27
Stærsti hálfás staðalellipsu (mm)	4
Stærsta staðalfrávik hæðar (mm)	10
Frívídd	24
95%-stuðull fyrir eina vídd, $t_{24,0.975}$	2,06
95%-stuðull fyrir tvær víddir, $\sqrt{2 * F_{2,24,0.95}}$	2,61
Óvissa við mælingu loftnetshæða var sett 0 mm og við lóðun loftnets yfir bolta einnig 0 mm. t og F er hægt að fletta upp í töflum (Neave 1978).	

Tafla 4. Baugahnit mælistöðva árið 2000 og hæðir yfir sporvölu			
Stöð	Breidd	Lengd	Upp (m)
7274	64°05'40.12086"N	21°16'00.65397"W	377.113 <sup>e</sup>
7315	64°06'15.25692"N	21°16'49.89139"W	402.774 <sup>e</sup>
7347	64°07'17.41083"N	21°09'06.70280"W	178.415 <sup>e</sup>
7393	64°03'31.97717"N	21°14'52.77719"W	429.871 <sup>e</sup>
7399	64°02'57.45663"N	21°16'08.45571"W	464.106 <sup>e</sup>
7402	64°02'11.01490"N	21°17'16.80898"W	406.971 <sup>e</sup>
7404	64°01'12.21415"N	21°16'52.16999"W	400.879 <sup>e</sup>
AU216	64°06'51.31103"N	21°06'32.98600"W	182.413 <sup>e</sup>
HV1401	64°00'21.79326"N	21°11'14.13947"W	130.967 <sup>e</sup>
HH04	64°01'13.37606"N	21°19'20.28785"W	421.088 <sup>e</sup>
HH09	64°01'10.50453"N	21°22'34.18186"W	422.161 <sup>e</sup>
HH15	64°01'31.61668"N	21°24'54.11571"W	333.771 <sup>e</sup>
HH19	64°02'27.32560"N	21°24'11.47890"W	322.773 <sup>e</sup>
HH22	64°03'17.53844"N	21°26'23.59486"W	322.499 <sup>e</sup>
HH38	64°07'27.47768"N	21°18'34.67125"W	432.764 <sup>e</sup>
HH41	64°07'22.31862"N	21°20'04.61445"W	390.772 <sup>e</sup>
HH43	64°07'19.25552"N	21°23'17.42780"W	379.293 <sup>e</sup>
HH45	64°07'12.61989"N	21°25'18.08688"W	385.920 <sup>e</sup>
HH52	64°00'46.18263"N	21°15'25.19428"W	368.003 <sup>e</sup>
LM0305	64°00'21.01039"N	21°13'06.32543"W	196.519 <sup>e</sup>
NE58	64°07'13.13439"N	21°14'06.45797"W	209.259 <sup>e</sup>
NV04	64°05'59.43978"N	21°14'32.33161"W	308.790 <sup>e</sup>
NV10	64°06'53.50202"N	21°16'07.19793"W	367.783 <sup>e</sup>
NV16	64°07'40.02663"N	21°11'08.07489"W	196.567 <sup>e</sup>
NV33	64°06'36.23655"N	21°15'09.40216"W	233.838 <sup>e</sup>
NV35	64°06'45.13181"N	21°17'27.28344"W	430.792 <sup>e</sup>
Vr304	64°07'38.24934"N	21°14'57.27719"W	231.392 <sup>e</sup>
ÖLFS	63°59'30.78628"N	21°09'55.84644"W	105.696 <sup>e</sup>

Tafla 5. Keiluhnitt mælistöðva árið 2000 og hæðir yfir sporvölu			
Stöð	Austur (m)	Norður (m)	Upp (m)
7274	389473.245	401033.498	377.113 <sup>e</sup>
7315	388845.912	402144.851	402.774 <sup>e</sup>
7347	395180.053	403848.636	178.415 <sup>e</sup>
7393	390251.087	397034.875	429.871 <sup>e</sup>
7399	389186.862	396003.207	464.106 <sup>e</sup>
7402	388207.944	394599.374	406.971 <sup>e</sup>
7404	388476.512	392767.543	400.879 <sup>e</sup>
AU216	397232.240	402970.745	182.413 <sup>e</sup>
HV1401	393011.174	391044.809	130.967 <sup>e</sup>
HH04	386467.250	392876.739	421.088 <sup>e</sup>
HH09	383832.053	392885.725	422.161 <sup>e</sup>
HH15	381957.604	393611.058	333.771 <sup>e</sup>
HH19	382601.783	395312.934	322.773 <sup>e</sup>
HH22	380869.889	396935.426	322.499 <sup>e</sup>
HH38	387509.612	404431.354	432.764 <sup>e</sup>
HH41	386287.409	404316.398	390.772 <sup>e</sup>
HH43	383676.331	404319.055	379.293 <sup>e</sup>
HH45	382036.731	404175.822	385.920 <sup>e</sup>
HH52	389628.387	391919.520	368.003 <sup>e</sup>
LM0305	391486.633	391073.695	196.519 <sup>e</sup>
NE058	391121.070	403857.020	209.259 <sup>e</sup>
NV04	390690.182	401588.718	308.790 <sup>e</sup>
NV10	389466.185	403307.645	367.783 <sup>e</sup>
NV16	393562.635	404604.910	196.567 <sup>e</sup>
NV33	390229.006	402745.345	233.838 <sup>e</sup>
NV35	388373.399	403087.698	430.792 <sup>e</sup>
Vr304	390461.376	404658.663	231.392 <sup>e</sup>
ÖLFS	394020.453	389429.529	105.696 <sup>e</sup>



### 3. BREYTINGAR MILLI ÁRA

#### 3.1 GPS-mælingar 1998, 1999 og 2000

Tafla 6 sýnir keiluhnitt samkvæmt mælingum eftir jarðskjálftahrinu 1998 og breytingar frá júní 1998 til maí 2000. Mynd 2 sýnir sömu breytingar.

Samkvæmt mynd 2 og töflu 6 eru helstu hæðarbreytingar á síðustu tveimur árum sem hér segir: Land hefur risið á Nesjavöllum og út að Ölfusvatnsá. Mest er hækkunin um 22 mm í næsta nágrenni virkjunarinnar, en minnkar niður að Grafningsvegi og út að Ölfusvatnsá, þar sem breytingin er um 13 mm. Á Ölkelduhálsi hefur land risið um allt að 25 mm, en sigið við Kolviðarhól og í Svínahrauni allt að 18 mm.

Lárétt færsla mælist í allmörgum mælipunktum. Mest áberandi er SSA-færsla (< 22 mm) í Kömbum og á svæði milli Hengils og Nesjavalla, þar sem færsla er allt að 16 mm NNV.

Tafla 6. Keiluhnitt og hæðir yfir sporvölu 1998 og breytingar til 2000						
Stöð	Austur/X (m)	Norður/Y (m)	Upp/Z (m)	dX (m)	dY (m)	dZ (m)
7274	389473.249	401033.482	377.109	-0.004	0.016	0.004
7315	388845.914	402144.839	402.774	-0.002	0.012	0.000
7347	395180.054	403848.635	178.404	-0.001	0.001	0.011
7393	390251.090	397034.879	429.846	-0.003	-0.004	0.025
7399	389186.861	396003.218	464.087	0.001	-0.011	0.019
7402	388207.949	394599.376	406.956	-0.005	-0.002	0.015
7404	388476.507	392767.563	400.867	0.005	-0.020	0.012
AU216	397232.235	402970.748	182.400	0.005	-0.003	0.013
HH04	386467.246	392876.739	421.076	0.004	0.000	0.012
HH09	383832.051	392885.718	422.163	0.002	0.007	-0.002
HH15	381957.602	393611.050	333.783	0.002	0.008	-0.012
HH19	382601.776	395312.931	322.783	0.007	0.003	-0.010
HH22	380869.878	396935.428	322.517	0.011	-0.002	-0.018
HH38	387509.612	404431.354	432.768	0.000	0.000	-0.004
HH41	386287.407	404316.400	390.776	0.002	-0.002	-0.004
HH43	383676.327	404319.058	379.293	0.004	-0.003	0.000
HH45	382036.725	404175.831	385.920	0.006	-0.009	0.000
HH52	389628.381	391919.541	367.995	0.006	-0.021	0.008
LM0305	391486.622	391073.714	196.514	0.011	-0.019	0.005
NE058	391121.071	403857.011	209.244	-0.001	0.009	0.015
NV04	390690.204	401588.704	308.772	-0.022	0.014	0.018
NV10	389466.188	403307.638	367.784	-0.003	0.007	-0.001
NV16	393562.642	404604.907	196.554	-0.007	0.003	0.013
NV33	390229.010	402745.344	233.816	-0.004	0.001	0.022
NV35	388373.397	403087.690	430.801	0.002	0.008	-0.009
Vr304	390461.383	404658.658	231.393	-0.007	0.005	-0.001

Tafla 7 sýnir keiluhnit samkvæmt mælingum 1999 og breytingar frá júní 1999 til maí árið 2000. Mynd 3 sýnir sömu breytingar.

Mynd 3 sýnir litlar breytingar milli árunna 1999 og 2000. Þó má sjá allt að 18 mm sig í hlíðum Hengils vestan Nesjavallavirkjunar og sunnan hennar. Í flestum öðrum mæli-punktum eru litlar sem engar breytingar. Því er ljóst að breytingar sýndar á mynd 2 hafa fyrst og fremst orðið milli ára 1998 og 1999 (sjá mynd 2 í skýrslu OS-99077).

Tafla 7. Keiluhnit og hæðir yfir sporvölu 1999 og breytingar til 2000						
Stöð	Austur/X (m)	Norður/Y (m)	Upp/Z (m)	dX (m)	dY (m)	dZ (m)
7274	389473.247	401033.495	377.131	-0.002	0.003	-0.018
7315	388845.912	402144.850	402.791	0.000	0.001	-0.017
7347	395180.045	403848.640	178.418	0.008	-0.004	-0.003
7393	390251.086	397034.878	429.874	0.001	-0.003	-0.003
7399	389186.858	396003.206	464.110	0.004	0.001	-0.004
7402	388207.943	394599.372	406.977	0.001	0.002	-0.006
7404	388476.509	392767.540	400.885	0.003	0.003	-0.006
AU216	397232.233	402970.751	182.421	0.007	-0.006	-0.008
HH38	387509.612	404431.354	432.775	0.000	0.000	-0.011
HH41	386287.408	404316.402	390.782	0.001	-0.004	-0.010
HH43	383676.332	404319.055	379.298	-0.001	0.000	-0.005
HH45	382036.730	404175.824	385.920	0.001	-0.002	0.000
NE058	391121.068	403857.016	209.265	0.002	0.004	-0.006
NV04	390690.184	401588.712	308.803	-0.002	0.006	-0.013
NV10	389466.186	403307.643	367.798	-0.001	0.002	-0.015
NV16	393562.629	404604.911	196.567	0.006	-0.001	0.000
NV33	390229.003	402745.346	233.846	0.003	-0.001	-0.008
NV35	388373.399	403087.697	430.810	0.000	0.001	-0.018

### 3.2 Vatnsborðsmælingar á Þingvallavatni

Tveir menn óku að Þingvallavatni skömmu fyrir miðnætti aðfararnótt 24. júní 2000 og mældu hæðir vatnsborðs við sjö hæðarmerki umhverfis vatnið um nóttina. Veður var all-gott til vatnsborðsmælinga, enda hæðarhryggur yfir landinu. Niðurstöður eru í töflu 8. Til samanburðar er vísað í skýrslu OS-94036 (Gunnar Þorbergsson og Guðmundur H. Vigfússon 1994).

Breytingar á landhæð við merkin sjö er sýnd á mynd 4. Þar er hæð á merki OS7087 við Steingrímsstöð haldið óbreyttri milli mælinga.

Samkvæmt þessu hefur land norður með Þingvallavatni sigið á árabílinu 1994–2000. Mest er breytingin við norðurenda vatnsins, 3 cm sig nálægt Valhöll á Þingvöllum.

Tafla 8. Vatnsborð á Þingvallavatni 24/6 2000									
ORKUSTOFNUN							FALLMÆLINGAR		
Rannsóknarsvið 2000.06.24 GP							Blað: 1		
Mælt: GHV, GP							Fært: GP		
Mælisvæði/Frumgögn Kvörðun/summur		Mælt fram	Mælt aftur	Gap	Ups.	Leiðrétting (m) (þyngd)	Aukning (m)	Nafn merkis	Hæð (m.y.s.)
<b>Þingvallavatn 24/6 2000</b>									
2000/1 GHV, GP									
		-1282	1282	0	1	.0000	.0000	7087	101.766
								sk	100.484
		+0038			1	.0000	.0000	+0038	
1.0000	-1244	1						vb 24/6	100.522
								vb 24/6	100.522
		-0069			1	.0000	.0000	-0069	
								nib	100.453
		+1007	-1007	0	1	.0000	.0000	+1007	
								7088	101.460
								vb 24/6	100.522
		-0009			1	.0000	.0000	-0009	
								nib	100.513
		+0613	-0613	0	1	.0000	.0000	+0613	
								NE-200	101.126
								vb 24/6	100.522
		-0047			1	.0000	.0000	-0047	
								sk	100.475
		+0789	-0788	1	1	.0000	.0000	+0788	
								raultt	101.263
		+0048	-0047	1	1	.0000	.0000	+0048	
								5231	101.311
								vb 24/6	100.522
		-0049			1	.0000	.0000	-0049	
								sk	100.473
		+0722	-0722	0	1	.0000	.0000	+0722	
								FMV197	101.195
								FMV197	101.195
		-0722	+0722		1	.0000	.0000	-0722	
								sk	100.473
		+0046		0	1	.0000	.0000	+0046	
								vb 23/6	100.519
								vb 24/6	100.522
		-0064			1	.0000	.0000	-0064	
								sk	100.458
		+0609	-0609	0	1	.0000	.0000	+0609	
								7085	101.067
								vb 24/6	100.522
		-0025			1	.0000	.0000	-0025	
								sk2	100.497
		+4965	-4965	0	2	.0000	.0000	+4965	
								7086	105.462

#### 4. HEIMILDIR

Neave, H. R. 1978: *Statistics Tables*. London, 88 s.

Moritz, H. 1984: *Geodetic Reference System 1980*. Bulletin Géodésique, 54 no 3: 395-405.

Department of Defense 1988: *World Geodetic System 1984*. DMA Technical Report 8350.2, 1. March 1988, Washington, DC.

Gunnar Þorbergsson og Guðmundur H. Vigfússon 1994: *NESJAVALLAVEITA Landmælingar á Nesjavöllum og Hengilssvæði 1992 og 1994*. Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur. Orkustofnun, OS-94036/VOD-05 B, 50 s.

Gunnar Þorbergsson og Guðmundur H. Vigfússon 1998: *Nesjavallaveita. Fallmælingar og GPS-mælingar á Hengilssvæði 1998*. Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur. Rannsóknasvið, Orkustofnun, OS-98060, 37 s.

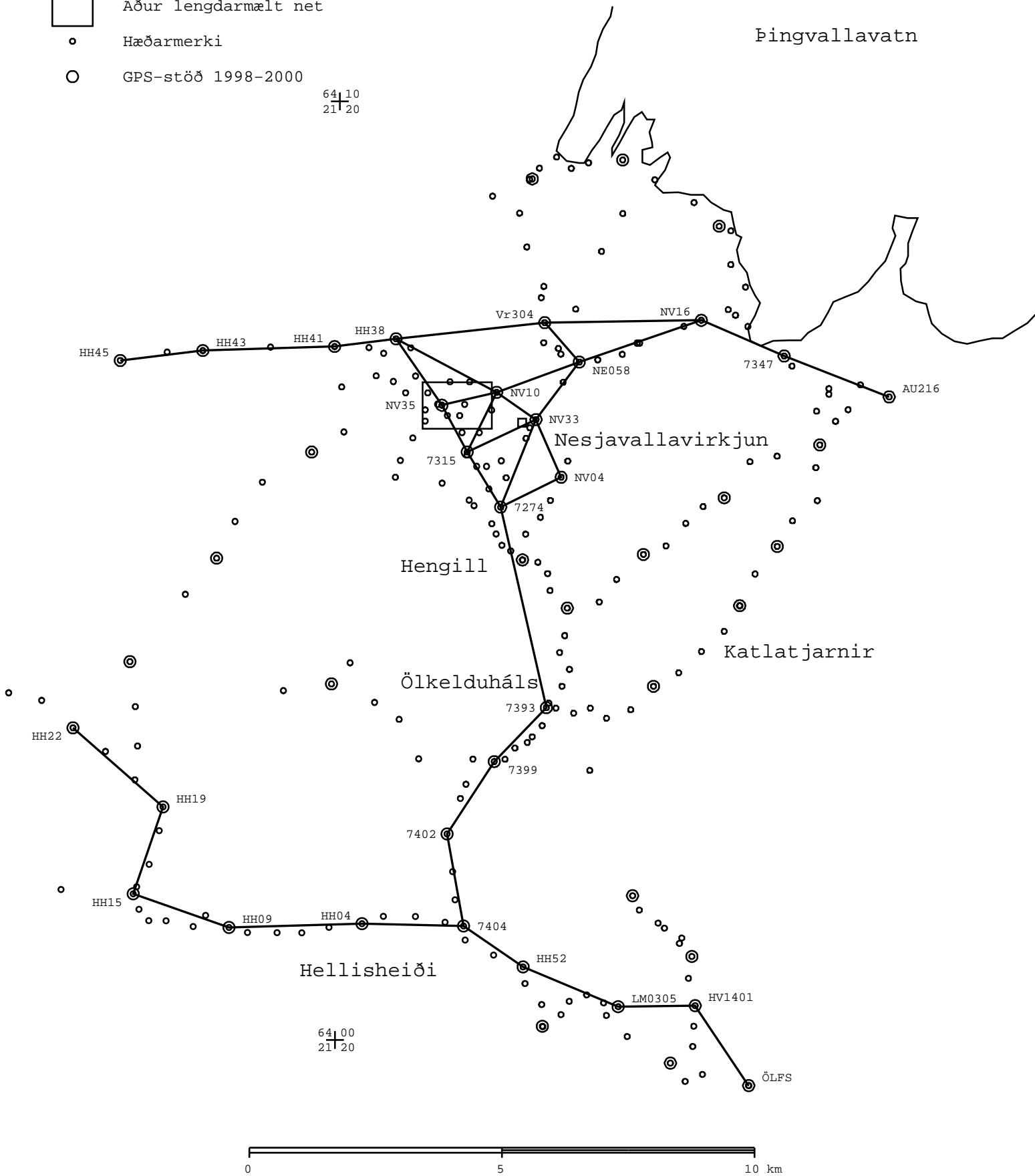
Gunnar Þorbergsson og Guðmundur H. Vigfússon 1999: *Fallmælingar og GPS-mælingar á utanverðum Reykjanesskaga 1999*. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja. Rannsóknasvið, Orkustofnun, OS-99065, 76 s.

Gunnar Þorbergsson 1999: *Nesjavallaveita. GPS-mælingar og mælingar yfir sprungur á Hengilssvæði 1999*. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. Rannsóknasvið, Orkustofnun, OS-99077, 18 s.

Skýringar:

- GPS-mælingar 2000
- Áður lengdarmælt net
- Hæðarmerki
- GPS-stöð 1998-2000





64°10'  
21'20"

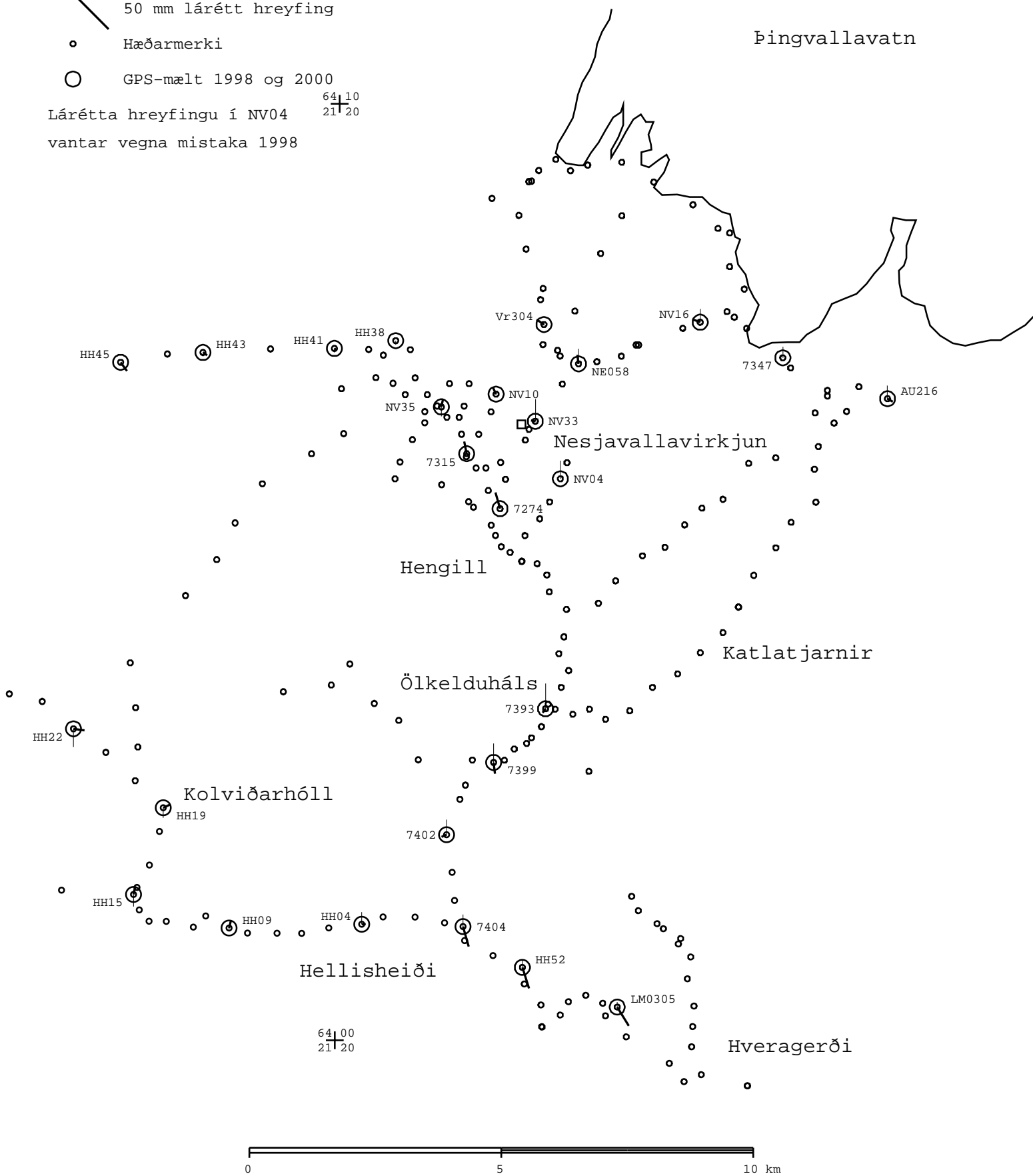


MYND 1. GPS-mælingar við Hengil í maí 2000

Skýringar:

- 20 -

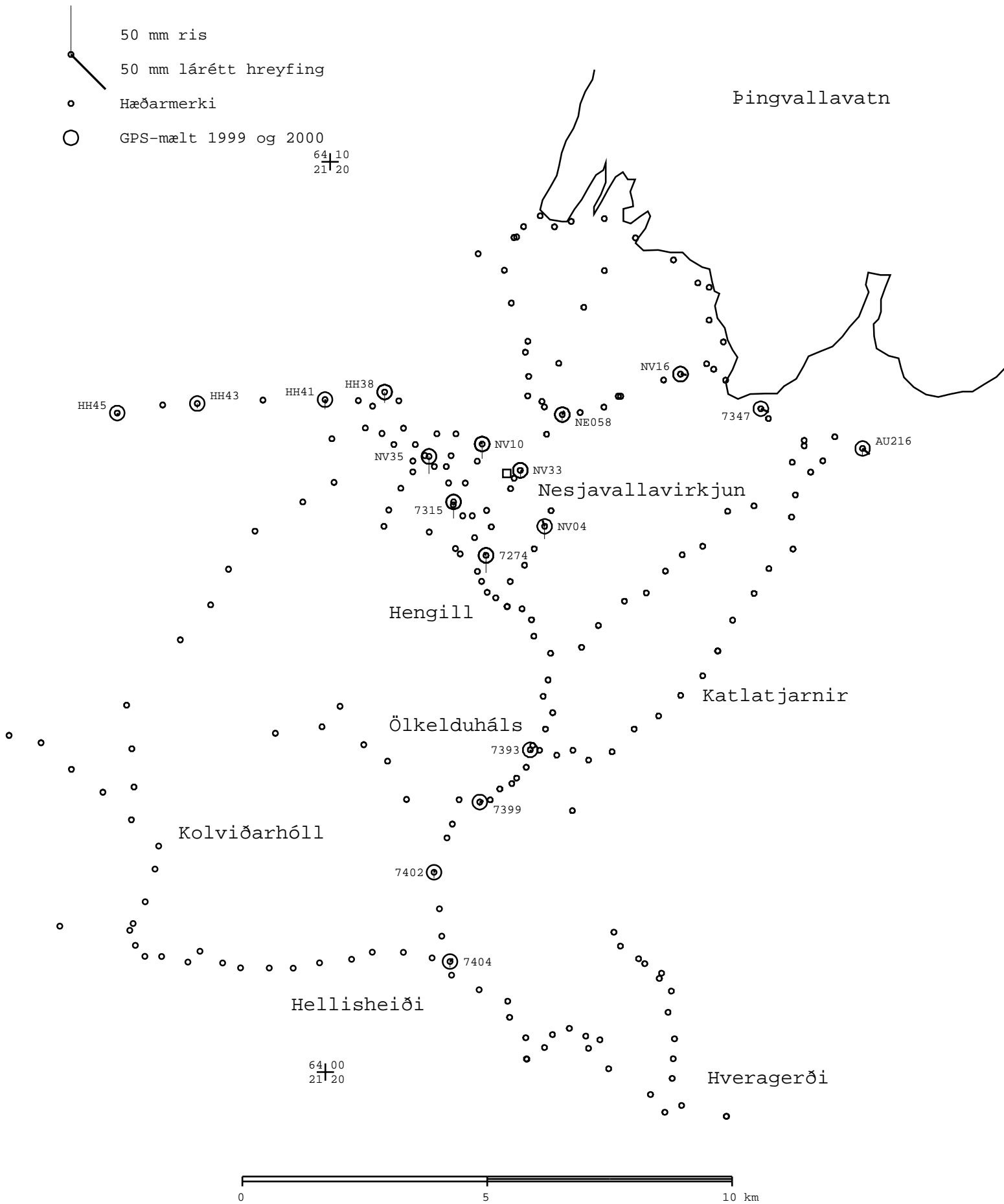
-  50 mm ris
  -  50 mm lárétt hreyfing
  -  Hæðarmerki
  -  GPS-mælt 1998 og 2000
- Lárétta hreyfingu í NV04  $\begin{matrix} 64.10 \\ 21.20 \end{matrix}$   
 vantar vegna mistaka 1998



MYND 2. Breytingar lands frá júní 1998 til maí 2000

Skýringar:

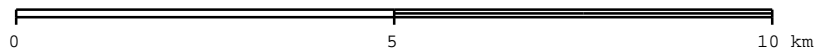
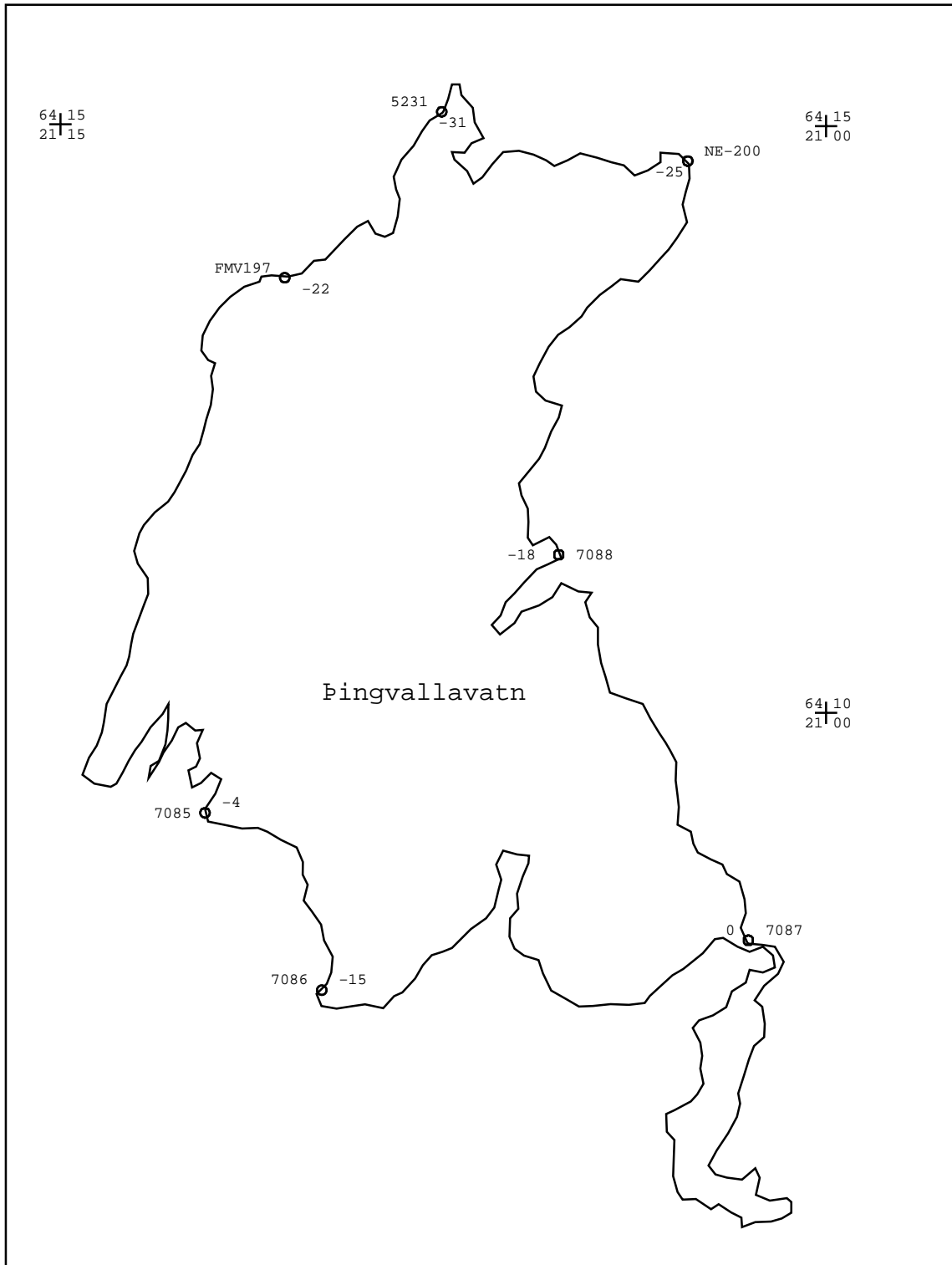
- 21 -



MYND 3. Breytingar lands frá júní 1999 til maí 2000

○ Hæðarmerki

Hæðarbreytingar eru í mm



MYND 4. Hæðarbreytingar við Þingvallavatn 1994-2000.