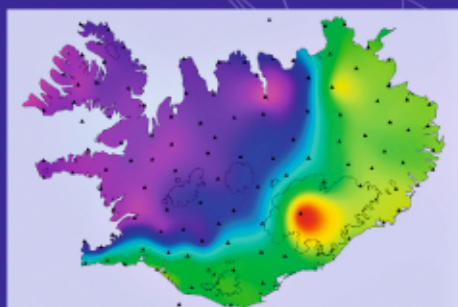




# ISNET2004

Niðurstöður úr endurmælingum  
Grunnstöðvanets Íslands



---

# ISNET2004

Niðurstöður úr endurmælingum  
Grunnstöðvanets Íslands

Guðmundur Þór Valsson  
Þórarinn Sigurðsson  
Christof Völksen  
Markus Rennen



Mælingasvið 2007

# Landmælingar Íslands

## LYKILSÍÐA

<b>Skýrsla nr.:</b> LM-2007/01	<b>Verknúmer.:</b> VE000701	<b>Upplag:</b> 200	<b>Síður:</b> 72	<b>Dreifing:</b> Opin	<b>Lokuð:</b>
-----------------------------------	--------------------------------	-----------------------	---------------------	--------------------------	---------------

**Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:**

ISNET2004  
Niðurstöður úr endurmælingum Grunnstöðvanets Íslands

**Höfundar / aðild:**

Guðmundur Þór Valsson  
Þórarinn Sigurðsson  
Christof Völksen  
Markus Rennen

**Verkefnastjóri:**

Þórarinn Sigurðsson

**Svið:**

Mælingasvið

**Unnið fyrir:**

Landmælingar Íslands

**Málsnúmer:**

L02030012

**Samstarfsaðilar:**

Sjá töflu 1

**Útdráttur:**

Í þessari skýrslu er fjallað um endurmælinguna á grunnstöðvanetinu, ISNET2004, sem fram fór sumarið 2004. Fjallað er um skipulagningu og framkvæmd endurmælingarinnar. Að því loknu verður gerð grein fyrir úrvinnslu mæligagna og lokaniðurstöðu mælinganna. Eftir það verða niðurstöðurnar bornar saman við niðurstöður ISNET93 mælinganna og afmyndun grunnstöðvanetsins á þessum 11 árum metin. Að lokum verður fjallað um mögulegar aðferðir til að viðhalda áreiðanleika ISN2004 og hvernig komast eigi á milli ISN93 og ISN2004.

**Efnisorð:**

ISNET2004, ISNET93, grunnstöðvanet, landmælingar, GPS mælingar, ISN2004, ISN93, viðmiðun, endurmæling, landrek, landris, hnitakerfi

**ISBN-númer:**

**Aðfanganúmer:**

---

# Efnisyfirlit

Efnisyfirlit	3
Myndaskrá	4
Töfluskrá	5
Inngangur	7
Aðdragandi	9
Mæliátakið ISNET93	9
Vandamál við viðhald grunnstöðvanetsins	12
ISNET2004	14
Undirbúningur ISNET2004	14
Mæliáætlun	17
Stjórnstöð	20
Endurmæling grunnstöðvanetsins	21
Úrvinnsla	24
Undirbúningur gagna	24
Viðmiðunarrammi	24
Úrvinnsla allra mæligagna	25
Lokaniðurstaða	27
Lambert hnit í ISN2004	28
Samanburður á ISN93 og ISN2004	34
Ný viðmiðun ISN2004	41
Varpanir á milli ISN93 og ISN2004	43
Skilyrði fyrir vörpunaraðferð	43
Lokaorð	45
Heimildaskrá	46
Summary	48
Viðauki 1: Breidd og lengd stöðva í grunnstöðvaneti	50
Viðauki 2: Keiluhnitt Lamberts á stöðvum í grunnstöðvaneti	55
Viðauki 3: Samanburður á mismunandi hugbúnaðarlausnum	60
Viðauki 4: Færslur milli ISN93 og ISN2004	68
Viðauki 5: Hópmynd af mælingamönnum	70

# Myndaskrá

Mynd 1. LM1260. Ennishöfði . . . . .	9
Mynd 2. Mælistöðvar mældar í ISNET93 mæliátakinu . . . . .	10
Mynd 3. Blokkaskipting í ISNET93 mæliátakinu . . . . .	11
Mynd 4. Guðjón Sch. Tryggvason og Bárður Árnason skoða blokkaskiptingu í stjórnstöð	14
Mynd 5. Mælistöðvar mældar í ISNET2004 mæliátakinu . . . . .	18
Mynd 6. Blokkaskipting í ISNET2004 mæliátakinu . . . . .	19
Mynd 7. Halldór Geirsson að störfum í stjórnstöð ISNET2004 . . . . .	20
MYND 8. Mælingamenn yfirfara tæki áður en haldið er af stað . . . . .	21
Mynd 9. Guðmundur Þór Valsson mælir loftnetshæð . . . . .	21
Mynd 10. Jón S. Erlingsson við mælingar á Hornströndum . . . . .	23
Mynd 11. Þær IGB00 stöðvar sem notaðar voru til að skilgreina ISN2004 auk annarra GPS jarðstöðva á Íslandi . . . . .	25
Mynd 12. Láréttur hnitamunur á hugbúnaðarlausnum miðað við lokalausn . . . . .	28
Mynd 13. Lóðréttur munur á hugbúnaðarlausnum miðað við lokalausn . . . . .	29
Mynd 14. Lárétt hreyfing milli ISN93 og ISN2004 í kerfi IGB00. Færsluhraði LM0082 er hafður sá sami og í REYK skv. SOPAC 2007.6. . . . .	37
Mynd 15. Lárétt bjögun milli ISN93 og ISN2004 í kerfi IGB00. Dregnir hafa verið 20 cm frá norðurþætti færslanna . . . . .	38
Mynd 16. Austur-vestur færsla milli ISN93 og ISN2004 í IGB00 . . . . .	38
Mynd 17. Norður-suður færsla milli ISN93 og ISN2004 í IGB00 . . . . .	38
Mynd 18. Breytingar í hæð á milli ISN93 og ISN2004 í kerfi IGB00. Færsluhraði LM0082 er hafður sá sami og á REYK skv. SOPAC 2007.6. . . . .	39
Mynd 19. Láréttar færslur á Suðvesturlandi . . . . .	39
Mynd 20. Láréttar færslur á Vestfjörðum . . . . .	40
Mynd 21. Stærstur hluti mælingamanna sem störfuðu að ISNET2004 ásamt yfirmanni í stjórnstöð . . . . .	70

---

# Töluskrá

Tafla 1. Framlag stofnana . . . . .	15
Tafla 2. Gerð móttakara í ISNET2004 . . . . .	16
Tafla 3. Gerð loftneta í ISNET2004 . . . . .	16
Tafla 4. Starfsmenn í stjórnstöð . . . . .	20
Tafla 5. Mæliflokkar í mæliátakinu ISN2004 . . . . .	22
Tafla 6. Helstu stillingar fyrir úrvinnslu mælingagagna með Trimble Total Control . . .	26
Tafla 7. Helstu stillingar fyrir úrvinnslu mælingagagna með Bernese 5.0. . . . .	26
Tafla 8. Helstu stillingar fyrir úrvinnslu mælingagagna með Geonap . . . . .	26
Tafla 9. Staðalfrávik hvernar lausnar m.v. lokalausn . . . . .	27
Tafla 10. Jarðmiðjuhnit stöðva í grunnstöðvaneti . . . . .	30
Tafla 11. Jarðmiðjuhnit GPS jarðstöðva í grunnstöðvaneti . . . . .	33
Tafla 12. Jarðmiðjuhnit mögulegra GPS jarðstöðva í grunnstöðvaneti . . . . .	33
Tafla 13. Vörpunarstikar milli ITRF93 og IGB00 . . . . .	34
Tafla 14. Færsluhraði á HOFN frá mismunandi aðilum . . . . .	35
Tafla 15. Færsluhraði á REYK frá mismunandi aðilum . . . . .	35
Tafla 16. Færsluhraðar HOFN og REYK skv. SOPAC 2007.6 a. auk afstæðrar færslu milli stöðvanna . . . . .	36
Tafla 17. Framreiknuð 11 ára færsla HOFN og REYK skv. SOPAC 2007.6. . . . .	36
Tafla 18. Færsla LM0348 og LM0082 frá ISN93 til ISN2004 í kerfi IGB00 . . . . .	36
Tafla 19. Breidd og lengd stöðva í grunnstöðvaneti . . . . .	51
Tafla 20. Breidd og lengd GPS jarðstöðva í grunnstöðvaneti . . . . .	54
Tafla 21. Keiluhnitt Lamberts á stöðvum í grunnstöðvaneti . . . . .	56
Tafla 22. Keiluhnitt Lamberts á GPS jarðstöðvum í grunnstöðvaneti . . . . .	59
Tafla 23. Færslugildi mælistöðva milli 1993 og 2004 . . . . .	69



---

# Inngangur

Þegar ISN93 viðmiðunin leysti af hólmi Hjörsey55 viðmiðunina var stigið mikið framfaraskref í landmælingum á Íslandi. Grundvöllur fyrir að vinna í einu og sama hnitakerfinu hafði skapast fyrir alla sem vinna með hnitsettar upplýsingar. Hins vegar skapar lega Íslands á Norður-Atlantshafshryggnum ákveðin vandamál.

Landið er stöðugt að reka í sundur og þar með er grunnstöðvanetið sem viðmiðunin ISN93 byggir á stöðugt að afmyndast. Auk þess hafa staðbundnari atburðir eins og eldgos og jarðskjálftar valdið staðbundnum afmyndunum á netinu. Þetta hefur skapað ýmis vandamál þegar kemur að landmælingum á svæðum sem eru nálægt flekaskilum eða á öðrum jarðfræðilega virkum svæðum. Til þess að taka á þessu vandamáli verður að endurmæla grunnstöðvanetið reglulega.

Í þessari skýrslu verður fjallað um endurmælinguna á grunnstöðvanetinu, ISNET2004, sem fram fór sumarið 2004. Fjallað er um skipulagningu og framkvæmd endurmælingarinnar. Að því loknu verður gerð grein fyrir úrvinnslu mæligagna og lokaniðurstöðu mælinganna. Eftir það verða niðurstöðurnar bornar saman við niðurstöður ISNET93 mælinganna og afmyndun grunnstöðvanetsins á þessum 11 árum metin. Að lokum verður fjallað um mögulegar aðferðir til að viðhalda áreiðanleika ISN2004 og hvernig komast eigi á milli ISN93 og ISN2004.





# Aðdragandi

## Mæliátakið ISNET93

Fjallað er um aðdraganda og mælingu á grunnstöðvanetinu í skýrslunni *GPS-mælingar í grunnstöðvaneti 1993 og ný viðmiðun við landmælingar á Íslandi* (Ingvar Þór Magnússon, Gunnar Þorbergsson og Jón Þór Björnsson, 1997).

Árið 1991 skipaði umhverfisráðherra starfshóp um landmælingar á Íslandi. Í hópnum áttu sæti fulltrúar 9 stofnana, sem tengst höfðu landmælingum og kortagerð um árabíl. Á fyrsta fundi nefndarinnar var greint frá bágbornu ástandi 1° þríhyrninganetsins sem mælt var á árunum 1955-1956, sem viðmiðunin Hjörsey55 byggði á. Vegalengdir milli mælistöðva voru allt að 100 km langar og flestar þeirra staðsettar á fjallstindum. Af 36 mælistöðvum höfðu 5 glatast, en þær voru allar staðsettar á jöklum. Einnig hafði netið afmyndast vegna

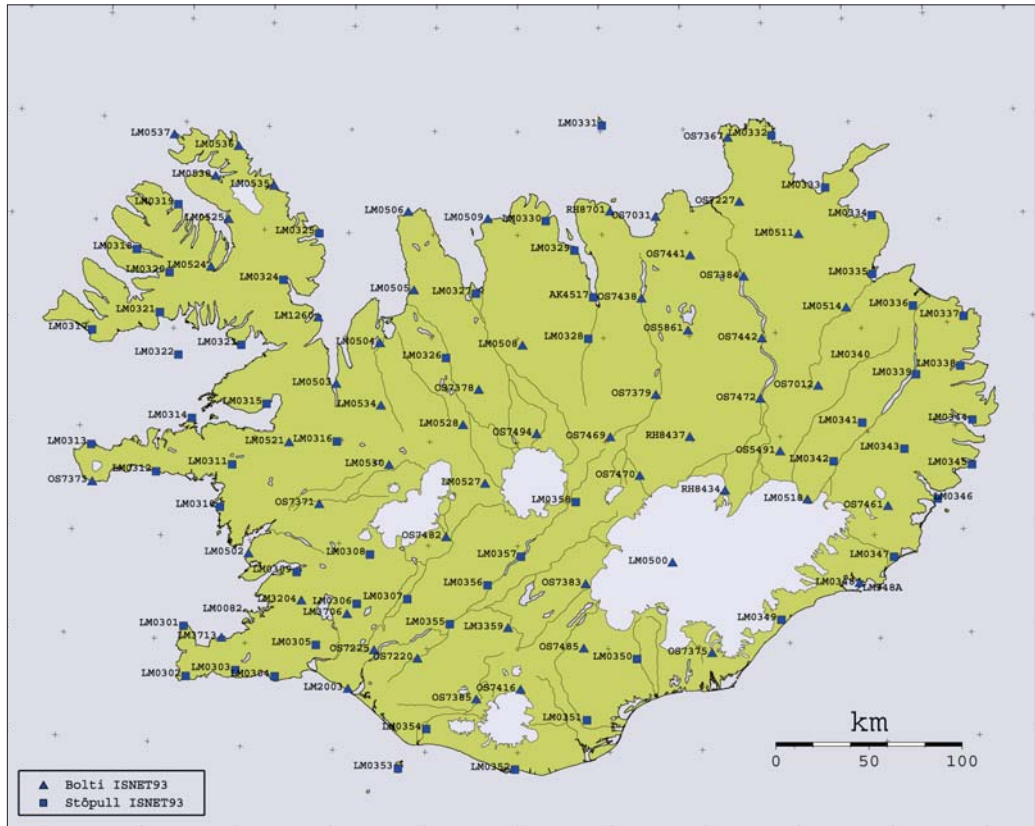


Mynd 1. LM1260. Ennishöfði.

eldsumbrota, s.s. á Kröflusvæðinu, og annarra jarðskorpuhreyfinga. „Leifar 1° netsins frá 1955 voru því hvorki burðugar fyrir kortagerð né framkvæmdamælingar“ (Gunnar Þorbergsson, 1992).

Því var ákveðið að hópurinn myndi gera tillögur að nýju grunnstöðvaneti fyrir Ísland. Lagðar voru fram tvær tillögur að GPS-grunnstöðvanetum. Annars vegar, 50 punkta net sem byggði á mældum GPS netum auk nokkurra nýrra punkta, hins vegar, algerlega nýtt net með um 120 punktum. Seinni kosturinn var mun dýrari en hafði marga kosti umfram 50 punkta net:

- Mælinúrin í netinu yrðu styttri og netið því nákvæmara.
- Auðveldara væri að mæla GPS-net vegna staðbundinna verkefna.
- Grunnstöðvanet með stuttum og mörgum mælinúrum gæfi betra sporvölukæðarnet.
- Grunnstöðvanet með mörgum punktum, jafndreifðum yfir landið, yrði mjög áhugavert fyrir rannsóknir á jarðskorpuhreyfinum.
- Auðveldara væri að tengja net í þéttbýli við grunnstöðvanetið.



Mynd 2. Mælistöðvar mældar í ISNET93 mæliátakinu.

Eftir ráðgjöf frá Prof. Dr.-Ing. Günter Seber, forstöðumanni við Jarðmælingastofnun Háskólans í Hannover, IFE<sup>1</sup>, var ákveðið að ráðast í mælingu á 120 punkta neti.

Vorið 1992 hófst vinna við val á stöðum fyrir mælistöðvar í hinu nýja grunnstöðvaneti og var verkið að mestu í höndum Orkustofnunar.

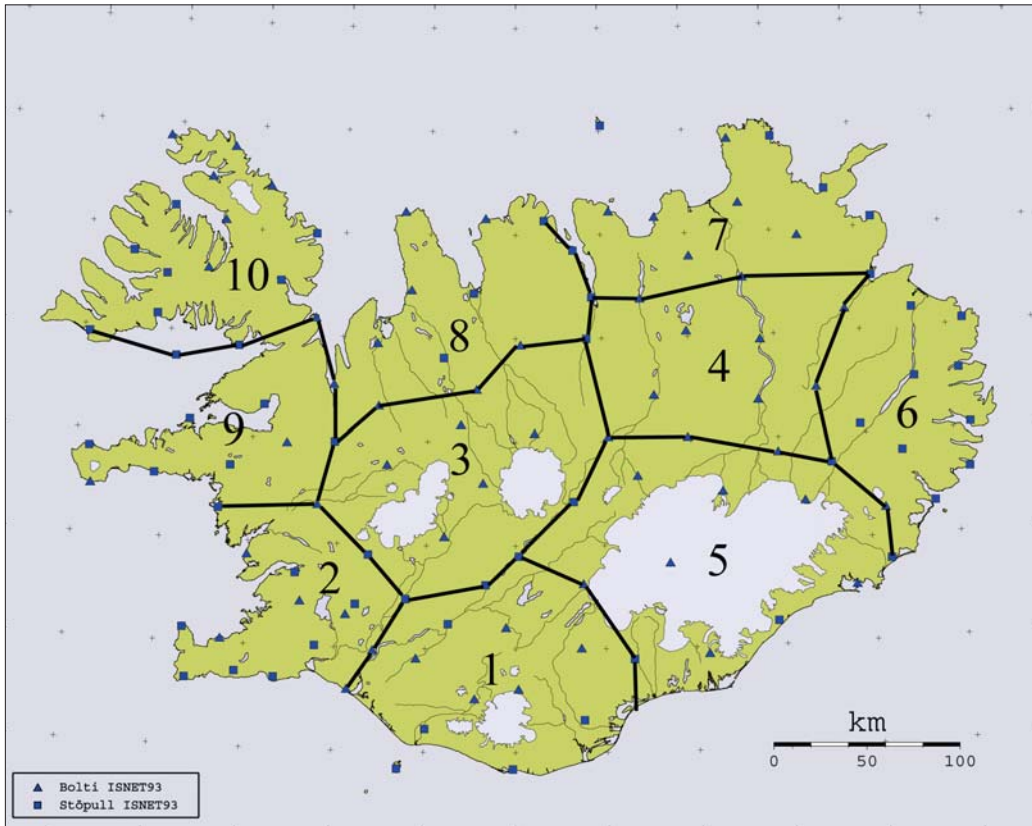
Við valið voru eftirfarandi atriði höfð í huga:

- Að mælistöðin sé í góðri klöpp.
- Að auðvelt sé að komast á staðinn.
- Að fjöll eða mannvirki skyggi ekki á útsýni til himins.
- Að ekki sé hættu á truflunum frá endurvarpsstöðvum eða háspennuvirkjum.

Við gerð mælistöðva voru settir boltar í klöpp en einnig voru reistir landmælingastöplar, oft í samvinnu við viðkomandi sveitarfélög. Eldri punktar voru notaðir þar sem það hentaði gegn því skilyrði að þeir uppfylltu þær kröfur sem settar voru. Nýir boltar í klöpp fengu númerin LM0500, LM0501 o.s.frv. nýir stöplar fengu númerin LM0301, LM0302 o.s.frv. Eldri punktar héldu þeim númerum sem þeir höfðu fyrir. Endanleg hönnun grunnstöðvanetsins gerði ráð fyrir 119 punktum nokkurn veginn jafnt dreifðum yfir landið utan þess að tveir punktar eru staðsettir við mælingahús Landmælinga Íslands á Höfn í Hornafirði, sem var þó ekki risið á þeim tíma. Vegalengd milli punkta í netinu er að jafnaði um 40 km.

Á þessum árum var lítið um GPS landmælingatæki á Íslandi og þurfti því að leita út fyrir

1) Institut für Erdmessung



Mynd 3. Blokkaskipting í ISNET93 mæliátakinu.

landsteinana eftir tækjum. Ágúst Guðmundsson, þáverandi forstjóri Landmælinga Íslands, ræddi hugmyndir íslenskra landmælingamanna að grunnstöðvaneti við Prof. Dr.-Ing. Hermann Seeger, forstöðumann Landmælinga Þýskalands, IfAG<sup>2</sup>. Dr. Seeger sýndi verkefninu mikinn áhuga og vorið 1993 buðu Þjóðverjar Íslendingum 20 Trimble 4000SSE tæki til verkefnisins án endurgjalds fyrstu tvær vikurnar í ágúst sama ár. Við rausnarlegt tilboð Þjóðverjanna bættust svo 4 GPS tæki til vara, 10 landmælingamenn og 3 bifreiðar ásamt bílstjórum. Íslendingar lögðu til bifreiðar og þann mannskap sem upp á vantaði. Eftir að verkefnið hafði verið kynnt forsvarsmönnum opinberra stofnana og stærri sveitarfélaga stóð ekki á liðsinni þeirra og gekk mönnum mæliflokka vonum fram. Alls tóku 23 stofnanir og sveitarfélög þátt í verkefninu með einum eða öðrum hætti. Auk þess lagði IfE í Þýskalandi 4 menn til verkefnisins.

Mælingar á grunnstöðvanetinu fóru fram dagana 3.-13. ágúst 1993. Landinu var skipt upp í 10 mæliblokkir sem mældar voru á jafn mörgum dögum. Mæliblokkir voru tengdar saman með því að mæla sameiginlega punkta á mörkum þeirra í hverri blokk fyrir sig. Fjórar mælistöðvar voru hafðar í gangi allan tímann sem mælingarnar fóru fram. Þetta voru mælistöðvarnar LM0082 (Valhúsaæð), LM0340 (Hofteigur), LM0348 (Höfn í Hornafirði) og LM1260 (Ennishöfði). Mælt var á sömu stöðum í mælingaverkefninu EUREF<sup>3</sup> NW árið 1990. Alls voru gerðir út 24 mæliflokkar. Fjórir flokkar voru staðsettir á EUREF stöðvunum. Þrír flokkar þjónuðu sem varaflokkar ef eitthvað kæmi upp á. Aðrir mæliflokkar sáu um að mæla blokkirnar. Mælt var í 8 klst. í hverj-

2) Institut für Angewandte Geodäsie, seinna Bundesamt für Kartographie und Geodäsie

3) European Reference Frame

um punkti, og skráði GPS-tækið gögn á 5 sekúndna fresti. Hæðarhornið var stillt á  $15^\circ$  ofan sjónbaugs. Mælingar stóðu yfir frá kl. 7:00 til 15:00. Í EUREF stöðvunum var einnig mælt frá 15:30-6:30 daginn eftir en þá voru gögnin skráð á 15 sekúndna fresti en hæðarhorninu haldið í  $15^\circ$  sem fyrr. Mælingarnar gengu almennt vel fyrir sig, en endurmæla þurfti í einum punkti vegna þess að þrífótur hafði haggast á meðan mælingu stóð.

Unnið var úr mælingunum hjá IfAG með Bernese 3.4/3.5 hugbúnaði og hjá IfE með Geonap hugbúnaði. Reiknaðar gervitunglabrautir voru fengnar hjá Scripps haffræðistofunni, SIO. Til viðmiðunar voru valdar þrjár GPS jarðstöðvar í Evrópu og ein í Norður-Ameríku. Þær voru: Tromsø í Noregi (TROM), Onsala í Svíþjóð (ONSA), Herstmonceux á Englandi (HERS) og Saint John's á Nýfundnalandi (STJO). Þessar stöðvar voru með þeim fyrstu svokölluðu IGS-stöðvum sem dreifðar eru víða um heim. Hnit IGS-stöðvanna voru gefin í viðmiðunarramma ITRF93<sup>4</sup>. Færsluvigrar stöðvanna, vegna fleka og jarðskorpuhreyfinga eru gefnir í sama kerfi. Hjá IfAG voru þessar upplýsingar notaðar til þess að reikna hnit EUREF stöðvanna fjögurra hér á landi. Reiknuð var lausn fyrir hvern dag og meðaltal þeirra reiknað. Þessum hnitum var síðan haldið föstum á öðrum stigum úrvinnslunnar hjá IfAG og IfE. Að þessu loknu voru óþvingaðar lausnir hvers dags fyrir sig reiknaðar hjá IfAG og IfE. Eftir það voru sameiginlegar mælistöðvar á mörkum blokkanna ásamt EUREF stöðvunum notaðar til þess að fella netið saman. Endanleg niðurstaða fékkst með því að reikna vengið meðaltal lausna IfAG og IfE. Lokaniðurstaðan var gefin í jarðmiðjuhnitum í viðmiðunarrammann ITRF93 tími 1993.6 sem er sá tími sem mælingarnar fóru fram á. Útreikningum lauk veturinn 1995-1996. Hin nýja viðmiðun fékk nafnið ISN93. Auk jarðmiðjuhnita voru gefin upp baughnit á og yfir sporvölu GRS80<sup>5</sup> og hnit sem byggjast á hornsannri keiluvörpun Lamberts, með skurðbauga  $64^\circ 15'N$  og  $65^\circ 45'N$ . Norðurásinn liggur í plani  $19^\circ$  hádegisbaugs en austurásinn hornrétt til austurs við  $65^\circ N$ . Skurðpunktur ásanna hefur hnitin Austur = 500000m og Norður = 500000m. Hæð var gefin yfir sporvölu GRS80 eins og í baughnitunum. Oft hefur verið talað um Lambert hnitin sem ISNET hnit, þó í raun sé þetta aðeins ein möguleg framsetning á hnitum viðmiðunarinnar ISN93.

Eftir þetta framtak voru Íslendingar komnir með viðmiðun sem var sambærileg við það besta sem gerðist í heiminum og grundvöllur hafði skapast fyrir því að allir gætu á auðveldan hátt unnið í sama hnitakerfinu.

## Vandamál við viðhald grunnstöðvanetsins

Í desember árið 1999 tók Reglugerð um viðmiðun ÍSN93. Grunnstöðvanet og mælistöðvar til notkunar við landmælingar og kortagerð nr. 919/1999 gildi og með henni varð ISN93 opinber viðmiðun á Íslandi. Í 7. gr. reglugerðarinnar kveður á um að mæla skuli grunnstöðvanetið í heild sinni eigi sjaldnar en á 10 ára fresti. Þessi grein er sett inn til þess að viðhalda áreiðanleika og nákvæmni grunnstöðvanetsins, en grunnstöðvanetið bjagast sífellt vegna flekahreyfinga Evrasíu- og Norður-Ameríkuflékanna sem reka stöðugt í sundur. Einnig koma reglulega upp staðbundnir atburðir eins og jarðskjálftar og eldsumbrot og við það bjagast grunnstöðvanetið á afmörkuðum svæðum. Góð dæmi um þetta eru jarðskjálftarnir á Suðurlandi í júní árið 2000 og eldsumbrot í Grímsvötnum 1996 og 1998.

Á árunum 1995-2001 fóru fram GPS mælingar til þess að tengja eldri mælipunkta úr

4) European Reference Frame

5) International Terrestrial Reference Frame

---

Hjörsey55 viðmiðuninni við ISN93. Þegar unnið var úr mælingum frá 2000 sem fram fóru í Þingeyjarsýslum (Gunnar Þorbergsson o.fl., 2000) og 2001 á Suðurlandi (Gunnar Þorbergsson o.fl., 2001) kom í ljós umtalsverð bjögun á grunnstöðvanetinu á þeim svæðum. Í raun var ekki hægt að jafna mælingarnar út þannig að kröfur um innmælingu á punktum skv. 11. gr. í reglugerð um viðmiðun ÍSN93 væru uppfylltar. Þessar niðurstöður staðfestu nauðsyn þess að endurmæla grunnstöðvanetið reglulega.

Með endurmælingu fást upplýsingar um færslu mælistöðva og þ.a.l. er hægt að gera sér grein fyrir stærðargráðu bjögunar á grunnstöðvanetinu. Seinna er hægt að nota þær upplýsingar til þess að leiðrétta mælingar m.t.t. bjögunar. Gæta verður þó að svæðum þar sem skyndilegar færslur hafa átt sér stað eins og í tilfelli jarðskjálftanna á Suðurlandi. Þesskonar færslur segja ekki til um hina stöðugu hreyfingu sem á sér stað vegna flekareks heldur er þetta skyndileg staðbundin færsla sem ekki mun hafa neitt forspárgildi um væntanlega hreyfingu vegna flekareks. Því er mikilvægt að veita svæðum þar sem atburðir sem þessir geta átt sér stað sérstaka athygli. Hyggilegt er að mæla þéttara net á þessum svæðum til þess að gera sér betur grein fyrir hinni staðbundnu afmyndun eigi hún sér stað.

# ISNET2004

## Undirbúningur ISNET2004

Eins og kveður á í 7. gr. reglugerðar um viðmiðun ÍSN93 skal grunnstöðvanetið mælt í heild sinni eigi sjaldnar en á 10 ára fresti. Þetta þýðir að endurmæla átti netið eigi síðar en árið 2003. Í fyrstu stóð það til hjá Landmælingum Íslands að endurmæla netið árið 2003, en af margvíslegum ástæðum var ákveðið að fresta verkefninu til 2004.

Skipaður var undirbúningshópur fyrir mæliátakið en í honum voru Þórarinn Sigurðsson frá Landmælingum Íslands, Jón S. Erlingsson frá Vegagerðinni, Halldór Geirsson frá Veðurstofu Íslands og Theódór Theódórsson frá Landsvirkjun. Hlutverk hópsins var að afla þátttakenda og tækjabúnaðar fyrir verkefnið auk þess að setja upp mæliáætlun. Christof Völksen og Markus Rennen mælingaverkfræðingar voru hópnun innan handar þegar kom að fræðilegum álitaeftum.



Mynd 4. Gudjón Sch. Tryggvason og Bárður Árnason skoða blokkaskiptingu í stjórnstöð.

Snemma var tekin sú stefna að hafa verkefnið án beinnar þátttöku erlendra stofnana. Hópnun þótti ástæða til að reyna þetta þar sem margir opinberir aðilar á Íslandi eiga GPS-landmælingatæki og hafa yfir að ráða mönnum sem vel kunna að fara með þau. Segja má að þetta hafi verið nokkurs konar sjálfstæðis-yfirlýsing íslenskra landmælingamanna þegar kemur að svo stórum mælingaverkefnum. Vitað var af áhuga nokkurra erlendra stofnana og háskóla á verkefninu, enda þau gögn sem afla átti mjög áhugaverð fyrir rannsóknir á jarðskorpuhreyfingum.

Hópurinn hafði samband við allar þær stofnanir og sveitarfélög sem stundað hafa landmælingar á Íslandi til að kanna áhuga á aðild þeirra að verkefninu. Auk þess var leitað til minni sveitarfélaga um milligöngu við að koma mæligögnum til stjórnstöðvar og til þess að vera til taks ef einhver ófyrirséð vandamál kæmu upp. Einnig var haft samband við björgunarsveitir og þær beðnar um að vera til taks ef mælingamenn lentu í vandræðum við að komast á mælistað. 15 stofnanir og 20 sveitarfélög buðust til að taka þátt í verkefninu á einn eða annan hátt, auk þess komu tveir einkaaðilar að verkefninu og tvö félagasamtök. Lista yfir stofnanir sem tóku þátt í verkefninu er að finna í töflu 1.

<b>Stofnun eða bæjarfélag</b>	<b>Fartölur</b>	<b>Starfsmenn</b>	<b>Bíflélö</b>	<b>Annað</b>
Austur-Hérað		1		Aðstoð innan hreppsins
Borgarfjarðarsveit		1		Aðstoð innan hreppsins
Djúpavogshreppur		1		Aðstoð innan hreppsins
Eyjafjarðarsveit		1		Aðstoð innan hreppsins
Fljótsdalshreppur		1		Aðstoð innan hreppsins
Flugmálastjórn Íslands				3 Trimble 4000ssi
Grímseyjarhreppur		1		Aðstoð innan hreppsins
Grímsnes- og Grafingshreppur		1		Aðstoð innan hreppsins
Grýtubakkahreppur		1		Aðstoð innan hreppsins
Gunnar Þorbergsson	1	1	1	
Hafnarfjarðarkaupstaður		1		Aðstoð innan hreppsins
Húsavíkurbær	1	1	1	Gagnasöfnun
Hveragerðisbær				Sjá Verkfræðistofa Suðurlands
Ísafjarðarbær		1		Aðstoð innan hreppsins
Ísmar ehf.				11 Trimble Geodetic Zephyr loftnet
Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands	1	4	2	5 Trimble 5700
Jöklarannsóknafélagið				Ferð á Grímsfjall
Kelduneshreppur		1		Aðstoð innan hreppsins
Landgræðsla ríkisins	1	1	1	Gagnasöfnun
Landhelgisgæsla, Sjósmælingasvið		1	1	Pyrla
Landsbjörg				Aðstoð ef á þyrfti að halda
Landsvirkjun	2	4	2	2 Trimble 4400 og 1 Trimble 5700
Landmælingar Íslands	6	14	4	2 Trimble 4000ssi og 1 Trimble 4700
Mosfellsbær		1		Aðstoð innan hreppsins
Ofanflóðasjóður				500.000 kr. styrkur
Orkubú Vestfjarða		1	1	
Orkustofnun		1		
Rafmagnsveitur ríkisins		1	1	
Reykholahreppur		1		Aðstoð innan hreppsins
Reykjavíkurborg		3		
Siglingastofnun Íslands		1		Gert ráð fyrir í rekstraráætlun
Síminn		2	1	
Skógrækt ríkisins		1	1	
Sveitarfélagið Árborg				Sjá Verkfræðistofa Suðurlands
Sveitarfélagið Hornafjörður		1		Aðstoð innan hreppsins
Sveitarfélagið Ölfus				Sjá Verkfræðistofa Suðurlands
Veðurstofa Íslands	1	2	1	3 Trimble 4000ssi
Vegagerðin	8	8	4	15 Trimble 5700 og 3 Trimble 4000ssi
Verkfræðistofa Suðurlands	1	2	1	2 Trimble 5700
Vestmannaeyjabær		1		Aðstoð innan hreppsins

Tafla 1. Framlag stofnana.

Þegar farið var yfir tækjastöðuna kom í ljós að til var nóg af GPS móttökum í landinu, en loftnet sem hentug eru fyrir nákvæmnismælingar sem þessar vantaði í sumum tilfellum. Því var leitað til fyrirtækisins Ísmar, sem er umboðsaðili Trimble á Íslandi og þeir útveguðu þau loftnet sem upp á vantaði. Listi yfir þann GPS mælibúnað sem notaður var í verkefninu er að finna í töflum 2 og 3.



<b>Gerð GPS móttakara í ISNET2004</b>	<b>Fjöldi</b>
Trimble 5700	22
Trimble 4700	1
Trimble 4400	2
Trimble 4000 SSi	11
<b>Gerð GPS móttakara á Jarðstöðvum</b>	<b>Fjöldi</b>
Trimble 4000SSi eða Trimble 4700	13
Torbo Rogue	1
Ashtech Z12	3

Tafla 2. Gerð móttakara í ISNET2004.

<b>Gerð GPS loftneta í ISNET2004</b>	<b>P/N</b>	<b>Fjöldi</b>
Trimble Zephir Geodetic	TRM 41249.00	22
Trimble Compact Geodetic L1/L2	TRM22020.00+GP	6
Trimble Geodetic L1/L2	TRM33429.20	5
Trimble Micro centered L1/L2 w. Ground Plane	TRM33429.00	3
<b>Gerð GPS loftneta á Jarðstöðvum</b>	<b>P/N</b>	<b>Fjöldi</b>
Trimble Choke Ring	TRM29659.00	
Dorne Margolin T Choke Ring	AOAD/M_T	
Ashtech D/M Choke Ring, Rev B	ASH701954E_M	

Tafla 3. Gerð loftneta í ISNET2004.

Eftir að hafa fengið hugmynd um fjölda þátttakenda og tækjabúnað í verkefninu var byrjað að skipuleggja mælingarnar. Ljóst var að tækjabúnaður yrði talsvert meiri en í mælingunum árið 1993 en mannskapur svipaður. Ákveðið var að flestir mælihópar yrðu útbúnir tveimur GPS mæli-tækjum. Auk þess var ákveðið að mæla skyldi tvisvar í hverjum punkti í 10-12 tíma í senn. Þessi ráðstöfun myndi auka áreiðanleika grunnstöðvanetsins, þar sem erfitt er að greina mistök sé aðeins mælt einu sinni í hverjum punkti.

## Mæliáætlun

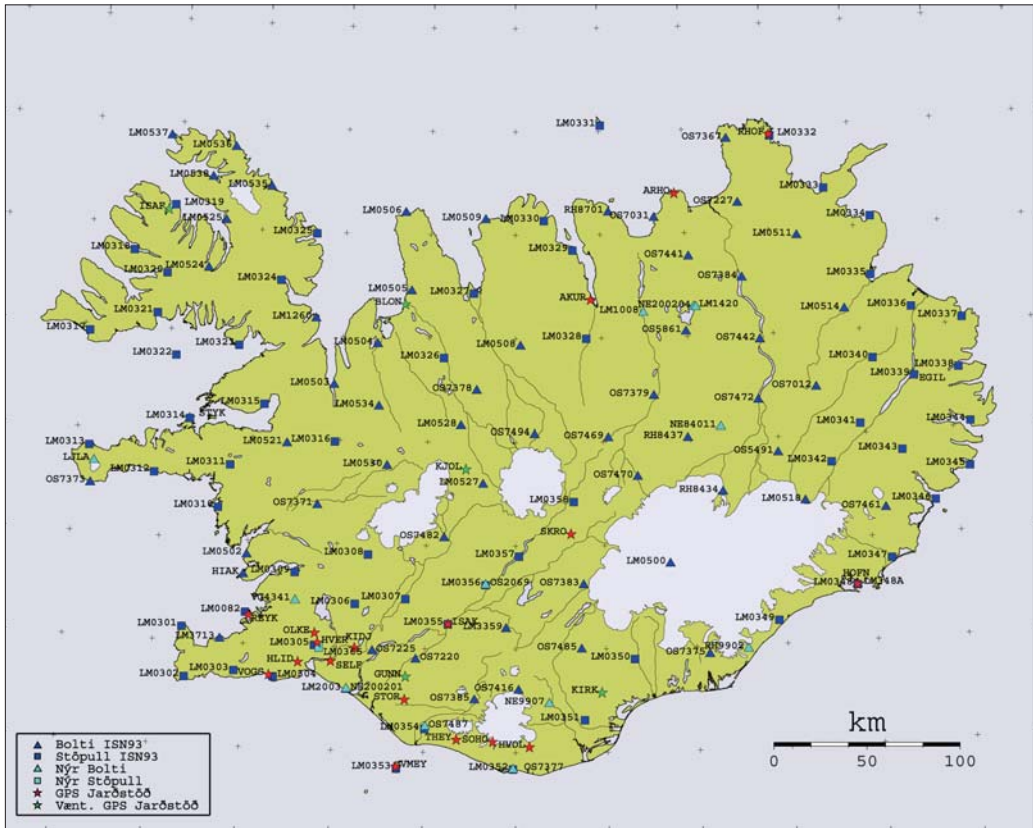
Þegar byrjað var að skoða mæliáætlun fyrir mæliátakið komu upp nokkrar hugmyndir um hvernig standa ætti að mælingunni. Á endanum voru tvær tillögur skoðaðar nánar. Önnur gekk út á það að landinu væri skipt upp í 5 blokkir og hverjum hópi var úthlutað tveimur punktum í hverri blokk. Á fyrsta degi átti að stilla mælitækjum upp í báðum punktum og hefja mælingu. Næsta dag var síðan stillt aftur upp í punktunum með sömu tækjum. Gæta yrði þó að því að taka allan mælibúnað niður áður en stillt væri aftur upp til þess að gera seinni mælinguna óháða þeirri fyrri. Á þriðja degi yrði mælibúnaðurinn tekin niður ekið yfir í næstu blokk og sama rúttína endurtekin þar til mælingu yrði lokið í öllum blokkum. Hin hugmyndin gekk út á 10 blokkir sem sköruðust til helminga. Mælihópar myndu mæla tvo nýja punkta á hverjum degi og flytja sig síðan yfir í næstu blokk. Með þessari aðferðarfræði yrði endurtekin mæling í hverjum punkti algjörlega óháð þeirri fyrri, þar sem aðrir mælingamenn myndu mæla punktinn með öðrum mælitækjum í seinna skiptið. Einnig yrði netið bundið saman með fleiri grunnlínunum heldur en í fyrri hugmyndinni.

Í báðum hugmyndum var gert ráð fyrir að 1-2 hópar væru svokallaðir flökkuhópar og myndu þeir sjá um að mæla í punktum sem erfitt væri að komast í t.d. Grímsey, Flatey og Grímsvötn. Þessir hópar yrðu oftast aðeins með eitt mælitæki og fengju rýmri tíma til þess að komast á milli staða þar sem þeir mældu ekki punkta í öllum mæliblokkum.

Þegar þessir tveir kostir voru bornir saman þurfti að vega og meta fræðilega nálgun verkefnisins, en einnig fjárhagslega og praktíska. Ljóst var að síðarnefnda aðferðin myndi teljast betri út frá fræðilegum sjónarmiðum en þó var einn galli á; mælingar á Íslandi hafa sýnt að áhrif vegna truflana í jónahvolfi gæti mun meir að nóttu til heldur en á daginn. Ef þessi hugmynd hefði átt að ganga upp hefðu mælingar staðið yfir frá seinni hluta dags fram á næsta morgun. Þá yrðu tækin tekin niður, gögnum tappað af, ekið yfir í næstu blokk og tækjum stillt þar upp. Ef mæla ætti að degi til myndi það þýða að vinnudagur mælingamannanna yrði óeðlilega langur og bryti reglur um hvíldartíma auk þess sem yfirvinnukostnaður verkefnisins myndi aukast umtalsvert. Í 5 blokka planinu var ferðadagurinn nokkuð langur en seinni dagurinn yrði frekar náðugur hjá mælingamönnum, nema ef eitthvað kæmi uppá. Á grundvelli alls þessa var ákveðið að skipuleggja mælingarnar út frá 5 blokka hugmyndinni.

Ákveðið var að mæla alls 154 mælistöðvar samanborið við 119 í ISNET93. Inni í þessari tölu eru 2 IGS GPS jarðstöðvar, 1 GPS jarðstöð frá Landmælingum Íslands og 16 GPS jarðstöðvar reknar af Veðurstofu Íslands. Alls voru 115 af 119 ISN93 stöðvunum endurmældar, 4 mælistöðvum var sleppt af mismunandi ástæðum. Mælistöðvar mældar í mæliátakinu ISNET2004 er hægt að sjá á mynd 5.

- LM3204 (Litla Sauðafell) hefur nánast ekkert verið notuð síðan hún var mæld 1993. Ástæðan er sú að mælistöðin er uppi á fellu og erfitt er að aka að henni, því var ekki líklegt að stöðin yrði til hagkvæmra nota. Í staðinn var nálæg mælistöð mæld, VG4341(Skálafell S).
- Svipaðar ástæður eiga við LM3706 (Lyngdalsheiði), en mjög erfitt er að komast að þeirri stöð nema á mikið breyttum bifreiðum. Ekki þótti ástæða til að bæta við mælistöð í staðinn þar sem LM0306 er nokkuð nálægt.
- AK4517 (Krossanesbraut) varð óþörf þegar GPS jarðstöðin AKUR var sett upp en góð tenging liggur fyrir á milli stöðvanna.
- Að lokum OS7438 (Goðafoss), sem staðsett er nálægt bílastæðinu við Goðafoss. Mikill



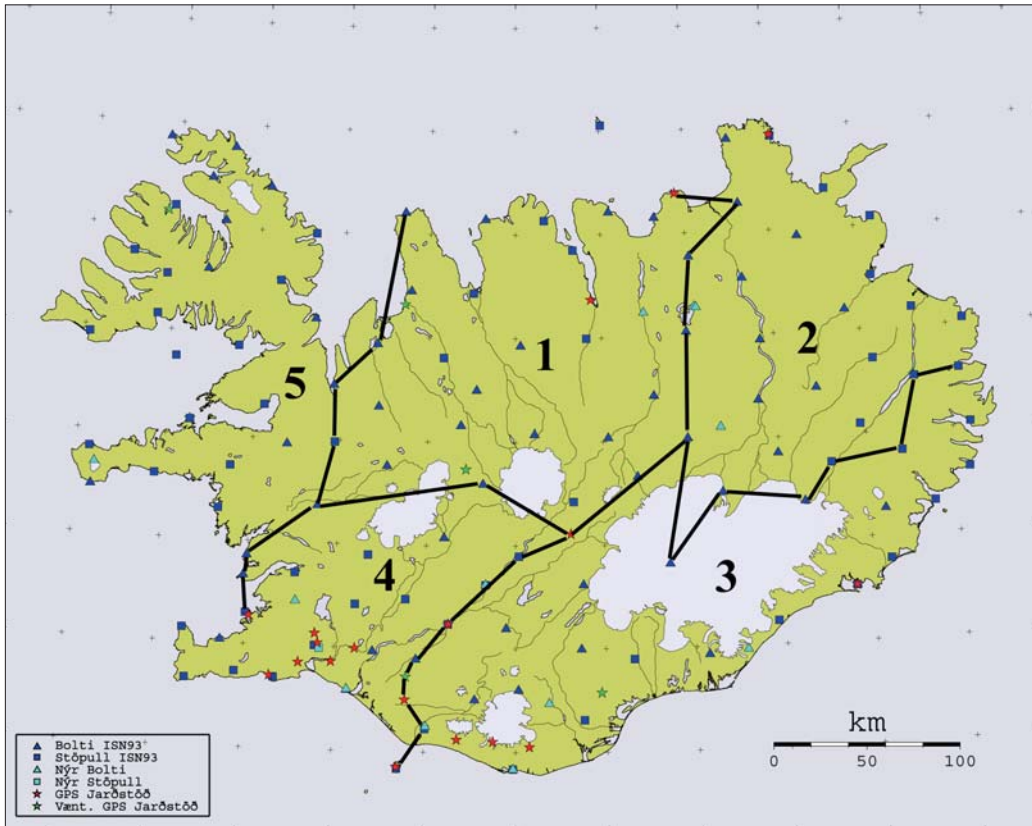
Mynd 5. Mælistöðvar mældar í ISNET2004 mæliátakinu.

straumur ferðamanna veldur því að ekki er hægt að mæla í punktinum eftirlitslaust þar sem punkturinn er á þeim stað sem einna hentugastur er fyrir myndatökur af fossinum. Dæmi eru um að mælingamenn hafi lent í deilum við ferðamenn sem hafa gerst of nærgöngulir við mælitækin þegar mynda átti fossinn. Punktinum var skipt út fyrir LM1008 (Bárðardalur) sem er nokkrum km sunnar.

Punktarnir LM3204 og OS7438 voru tengdir netinu með mælingum annaðhvort stuttu fyrir eða stuttu eftir ISNET2004 mælingarnar.

Í sumum tilfellum hefur sést að mælistöðvar í grunnstöðvanetinu hafi verið nokkuð óstöðugar og þar með ekki uppfyllt þær kröfur sem settar eru til stöðva í netinu. Þetta á t.d. við LM0305 (Kambar). Þess vegna hefur mælistöð LM0365 (Ölfusborgir) verið bætt við netið og er ætlað að fylla skarð LM0305 í framtíðinni. Þó var ákveðið að mæla LM0305 til þess að fá samanburð á færslu punkta á Suðurlandsundirlendinu. Einnig var bætt við stöðvum sem jarðvísindamenn hafa notað mikið í rannsóknum sínum til þess að auðvelda tengingu á áhugaverðum staðbundnum mælinetum við grunnstöðvanetið. Að síðustu var bætt við mælistöðvum sem mögulega munu þjóna sem GNSS<sup>6</sup> mælistöðvar í jarðstöðvakerfi LMÍ í framtíðinni. Þetta skýrir þá aukningu sem hefur verið á mælistöðvum í ISNET2004 samanborið við ISNET93.

6) Global Navigation Satellite System



Mynd 6. Blokkaskipting í ISNET2004 mæliátakinu.

Þegar byrjað var að raða mæliflokkum kom í ljós að það vantaði tæki til að hægt væri að tengja saman mæliblokkirnar á öllum mælistöðvum þar sem þær sköruðust. Þetta olli nokkrum áhyggjum hjá þeim sem áttu að vinna úr mælingunum. Sérstaklega á svæðinu norðvestan Vatnajökuls. Þetta var þó að mestu leyst með því að mæla sums staðar einu sinni á mörkum blokkanna þar sem grunnlínur milli tengipunkta þóttu of langar. Einnig leysti GPS jarðstöðin á Skrokköldu (SKRO) nokkurn vanda þar sem hún tengir saman blokkir 1, 3 og 4. Endanlega blokkskiptingu er að sjá á mynd 6. Línur eru dregnar milli þeirra punkta sem tengdu saman blokkirnar.

Starfsmenn LMÍ og aðilar úr undirbúningshópnum tóku svo saman punktlýsingar og önnur gögn sem nauðsynleg voru fyrir mæliflokka að hafa með sér í mælingarnar. Notast var að mestu við uppfærðar punktlýsingar frá ISNET93 en auk þess voru nýjar punktlýsingar unnar fyrir aðra punkta. Einnig voru gerðar leiðbeiningar um uppsetningu mismunandi mælitækja auk leiðbeininga um gagnaflutning úr mælitækjum og gátlisti yfir nauðsynlegan búnað.

## Stjórnstöð

Áður en mælingar hófust var sett upp stjórnstöð á jarðhæð húsakynna Landmælinga Íslands á Akranesi. Meginhlutverk stjórnstöðvarinnar var að fylgjast með að mælingar gengju samkvæmt áætlun og að fylgjast með framvindu þeirra. Einnig bar hún ábyrgð á að öllu mæligögn kæmu í hús og að gæði þeirra yrðu könnuð. Auk þess var hlutverk stjórnstöðvar að greiða úr vanda mæliflokka og gera viðeigandi ráðstafanir ef þess væri þörf. Mæliflokkar höfðu tilkynningaskyldu við stjórnstöð og urðu þeir að láta vita af ferðum sínum og um framvindu mælinga.



Mynd 7. Halldór Geirsson að störfum í stjórnstöð ISNET2004.

Í stjórnstöðinni störfuðu Halldór Geirsson jarðeðlisfræðingur frá Veðurstofu Íslands sem hafði umsjón með stjórnstöðinni og Dalia Prizginiene mælingaverkfræðingur frá Landmælingum Íslands starfaði við að taka á móti og yfirfara mæligögn. Auk þeirra svöruðu aðrir starfsmenn LMÍ tilkynningum frá mælingahópum um upphaf og endi mælinga. Vakt var í stjórnstöð frá kl. 7:00 til kl. 19:00 að kvöldi. Utan þess tíma var svarað í bakvaktarsíma. Nöfn allra sem störfuðu í stjórnstöð má sjá í töflu 4.

Nafn	Stofnun
Haldór Geirsson	Veðurstofa Íslands
Dalia Prizginiene	Landmælingar Íslands
Brynja Baldursdóttir	Landmælingar Íslands
Bjarney Guðbjörnsdóttir	Landmælingar Íslands
Rannveig L. Benediksdóttir	Landmælingar Íslands
Öystein Dokken	Landmælingar Íslands
Jensína Valdimarsdóttir	Landmælingar Íslands
Katrín Rós Baldursdóttir	Landmælingar Íslands
Guðni Hannesson	Landmælingar Íslands
Brandur Sigurjónsson	Landmælingar Íslands

Tafla 4. Starfsmenn í stjórnstöð.

## Endurmæling grunnstöðvanetsins

Þann 3. ágúst 2004 safnaðist saman hópur mælingamanna í blíðskaparveðri við Landmælingar Íslands á Akranesi. Farið var yfir helstu atriði mælinganna og öllum nauðsynlegum gögnum útdeilt. Eftir að mæliflokkar höfðu hlaðið búnaði sínum í bílana héldu þeir af stað í átt að þeim punktum sem þeir áttu að mæla. Mæliátakið hófst formlega kl. 11:00 þann 4. ágúst þegar Sív Friðleifsdóttir þáverandi umhverfisráðherra hóf mælingu í punkti OS7371 skammt frá Reykholti í Borgarfirði.

Uppstilling á mælibúnaði fór þannig fram: Ef mælistöð var bolti í klöpp var settur upp þrífótur og steinar bornir að honum til að ekki væri hætta á að þrífóturinn haggjaðist ef hvessti. Botnstykki var skrúfað á þrífótinn og stillt lárétt nákvæmlega yfir merkinu, síðan var loftnet fest á botnstykkið og ör á loftneti beint í segulnorður. Hæð loftnetsins var síðan mæld. Ef mælistöðin var stöpull fór það eftir loftnetstegund hvernig loftnetshæðin var mæld. Í tilfalli stærri loftnetanna voru límbönd sett á hliðar stöpululsins og lárétt strik merkt á límböndin. Því næst var mælt með hjálp hallamáls lóðrétt frá boltatoppi niður á merkið og hæð skráð. Þessu næst var botnstykki skrúfað á stöpulinn, það stillt lárétt og loftnet síðan sett á. Síðan er mæld lóðrétt lengd frá neðri brún á loftnetsdiski niður á strikið á límbandinu.

Þegar Zephyr Geodetic loftnet voru notuð voru límbönd sett á hliðar stöpululsins og lárétt strik merkt á límböndin. Því næst var mælt með hjálp hallamáls lóðrétt frá boltatoppi niður á merkið og hæð skráð. Eftir það var botn-



Mynd 8. Mælingamenn yfirfara tæki áður en haldið er af stað.



Mynd 9. Guðmundur Þór Valsson mælir loftnetshæð.

Flokkur	Mælingamaður	Aðstoðarmaður
A	Markus Rennen - LMÍ	Ingvar Matthíasson - LMÍ
B	Pórarinn Sigurðsson - LMÍ	
C	Halldór Sveinn Hauksson - Vg	
D	Guðmundur Þór Valsson - LMÍ	Carsten Jón Kristinsson - LMÍ
E	Jón Sverrir Erlingsson - Vg	
F	Erik Sturkell - VÍ	Halldór Ólafsson - NE
G	Gunnar Garðarsson - Vg	Bjarki Þór Kjartansson - SR
H	Björgvin Óskar Björgvinsson - Vg	Árni Stefánsson - LV
I	Jón Thuy Xuan Búi - LV	María Theódórsdóttir - LV
J	Jakob V. Sigurðsson - VG	Páll Gíslason - RARIK
K	Guðjón Scheving Tryggvason - Sí Bárður Árnason - VS	Ásta Rut Hjartardóttir - Raunvís.
L	Ingvar Þór Magnússon - OS	Gísli Karlsson - LMÍ
M	Guðmundur Jóhannsson - Síminn	Bjarni Bjarnason - Síminn
N	Páll Einarsson - Raunvís.	Guillaume Biessy - Raunvís. Magnús Pálsson
O	Sveinbjörn Sveinbjörnsson - Vg	Hjördís Linda Jónsdóttir - LHG
P	Oddur Jónsson - Vg	Halldór V. Magnússon - OV
V	Jón Erlendsson - Vg	Oddur Kristjánsson - Rvk.
X	Gunnar Þorbergsson	
Y	Helgi Magnússon - Vg	

Tafla 5. Mæliflokkur í mæliátakinu ISN2004.

stykki skrófað á stöpulinn og stillt í lárétta stillingu. Lóðrétt hæð frá toppplani botnstykkisins niður á strikin á límbandinu var síðan mæld. Eftir þetta var loftnetið skrófað á botnstykkið.

Eftir að búið var að stilla upp loftneti var mæling hafin. Mælistöðin var girt af til þess að halda frá mönnum og dýrum. Mælitími í hverri mæliлотu var a.m.k. 10 klst. og í flestum tilfellum á bilinu 12-16 klst. Gögn voru skráð á 15 sekúndna fresti og hæðarhorn var stillt á 10°. Á meðan mælingu stóð var lítið aðhafst nema að borin var sementshúð á stöplana til þess að auka líftíma þeirra auk þess sem fylgst var með mælitækjum. Að lokinni mælingu var loftnetsaðin endurmæld og borin saman við þá fyrri. Einnig var kannað að loftnetið væri ennþá í láréttri stöðu og hvort þráðkross væri ekki örugglega yfir punktinum. Eftir þetta voru tækin tekin niður og brottför frá punkti undirbúin. Gögnum var því næst hlaðið af mælitækjum yfir á fartölvur og þaðan var þeim komið á þjöppuðu formi á minniskubba. Að lokinni annari mælingu í punkti var gögnum komið til skila til þeirra sem tóku að sér að koma þeim til stjórnstöðvarinnar. Að því loknu óku mæliflokkar í næstu mæliblokk.

Auk þeirra GPS-jarðstöðva sem starfræktar voru fóru fram mælingar í punktum LM1260 og LM0340 allan þann tíma sem á mæliátakinu stóð líkt og í ISNET93 mælingunum. Ekki var ástæða til þess að hafa stöðugar mælingar í LM0082 og LM0348 eins og 1993 þar sem GPS-jarðstöðvarnar REYK og HOFN eru staðsettar nálægt þessum punktum.

Mælingar gengu almennt mjög vel. Þó kom upp vandamál með eitt loftnet sem virkaði ekki og þurfti því að skipta því út. Auk þess komu upp nokkur vandamál með tengingar í mælitæki og minniskubba. Þetta var þó allt leyst á þann hátt að ekki þurfti að breyta mæliplaninu á neinn hátt.



Mynd 10. Jón S. Erlingsson við mælingar á Hornströndum.

Veðrið var mjög gott á meðan mæliátakinu stóð og gerði óvenjulega hitabylgju um allt land. Hitamet gætti einkum um sunnan- og vestanvert landið og inn til landsins í öðrum landshlutum. Hitamet féllu víða, m.a. 113 ára gamalt hitamet í Reykjavík, en hiti komst þar í 24,8 stig þann 11. ágúst en mæliflokkar voru þá að mæla á suðvesturhorninu. Hitabylgjan olli þó smá vandræðum hjá þeim mæliflokkum sem þurftu að fara yfir vatnsföll, þar sem nokkrir vatnavextir í jökulám fylgdu hitunum.

Við mælingar í 5. blokk nutu mælingamenn í hópum B og E aðstoðar þyrlu Landhelgigæslunnar við að komast í punkta LM535-LM538 sem eru á Hornströndum og í Jökulfjörðum.

Mælingum í 5. blokk lauk 14. ágúst og eftir það héldu mæliflokkar til stjórnstöðvar þar sem síðustu gögnunum var skilað inn. Vel heppnaðri endurmælingu grunnstöðvanetsins var lokið.



# Úrvinnsla

## Undirbúningur gagna

Eftir að mælingum lauk var hafist handa við að gera mæligögn tilbúin til úrvinnslu. Búnaðar voru til RINEX<sup>7</sup> skrár fyrir hverja mælingu fyrir sig. Farið var vel yfir mæliblöðin og loftnetstegund, loftnetshæð og aðferð við mælingu á loftnetshæð athuguð og skráð. Síðan var reiknuð leiðrétt loftnetshæð m.v. botnplanið á loftnetunum. Leiðrétt loftnetshæð og loftnetsgerð var síðan sett inn í RINEX skrárnar. Þetta ferli krefst mikillar vandvirkni þar sem smávægileg villa hefur bein áhrif á lausnina, sérstaklega hæðarpáttinn. Þó er möguleiki að finna villur ef grunnlínur hafa verið mældar oftar en einu sinni og þá ekki fyrr en eftir fyrstu úrvinnslu. Þetta er gert með því að bera saman allar grunnlínur og komi í ljós mikill munur í hæð er ástæða til að líta betur á loftnetshæðirnar. Smávægilegar villur geta þó sloppið í gegnum þetta próf. Hafi grunnlína verið mæld aðeins einu sinni er mjög erfitt að finna villu nema hnit punktsins sem mældur er séu þekkt með góðri nákvæmni. Komi í ljós merkjanlegur hæðarmunur er annaðhvort hægt að álykta að loftnetshæð sé röng eða að miklar breytingar í hæð hafi átt sér stað. Því má segja að skilmerkileg skráning á mæliblöð og nákvæm vinna við gerð RINEX gagna sé fyrsti lykillinn að nákvæmri lausn.

## Viðmiðunarrammi

Frá janúar 2004 hefur IGS<sup>8</sup> gefið út gervitunglabrautir í nýjum viðmiðunarramma IGB00. Þessi nýi rammi er eingöngu byggður á GPS mælingum og var hannaður til að vera samkvæmur ITRF2000<sup>9</sup> „að jafnaði“. Þetta er gert með 14 stika Helmert vörpun milli IGB00 og ITRF00 með um 100 vel skilgreindum alþjóðlegum GPS jarðstöðvum þekktum í báðum kerfum. Smávægilegur munur getur þó orðið á hnitum og færsluhröðum einstakra stöðva. Á Íslandi hafa tvær af þessum 100 jarðstöðvum verið notaðar til að skilgreina IGB00 þ.e. HOFN og REYK.

Til þess að tengja grunnstöðvanetið við viðmiðunarramma IGB00 voru 10 IGB00 stöðvar utan Íslands valdar, 5 á Ameríkuflekanum og 5 á Evrasíuflekanum, sjá mynd 11.

Hraðvektorar stöðvanna vegna flekahreyfinga eru einnig í kerfi IGB00 þannig að hnit stöðvanna eru reiknuð í IGB2004.6, og er þar miðað við tímann sem mælingarnar voru gerðar.

Þessar upplýsingar voru notaðar til þess að reikna hnit þeirra stöðva sem stöðugt voru í gangi á Íslandi meðan á mæliátakinu stóð. Þetta voru nánast allar GPS jarðstöðvar á landinu

7) Receiver Independent Exchange Format

8) International GNSS Service. <http://igsceb.jpl.nasa.gov/>

9) International Terrestrial Reference Frame. <http://itrf.ensg.ign.fr/>



Mynd 11. Þær IGB00 stöðvar sem notaðar voru til að skilgreina ISN2004 auk annarra GPS jarðstöðva á Íslandi.

Þar á meðal HOFN og REYK, auk tveggja stöðva í grunnstöðvanetinu LM0340 og LM1260, sem skráðu gögn allan þann tíma sem ISNET2004 mæliátakið var í gangi. Þessi úrvinnsla fór fram með Bernese 5.0<sup>10</sup> hugbúnaði.

## Úrvinnsla allra mæligagna

Unnið var úr mæligögnunum með þrenns konar hugbúnaði. Bernese 5.0, Geonap<sup>11</sup> og Trimble Total Control v2.73<sup>12</sup>. Meginástæðan fyrir þessu er að þessir þrjú hugbúnaðarpakkar byggja á mismunandi hugmyndafræði. Bernese 5.0 og Geonap má flokka sem vísindalegan hugbúnað en TTC má flokka sem notendavænan hugbúnað. Til þess að ná fram sem mestri nákvæmni voru nákvæmar gervitunglabrautir frá IGS og NGS<sup>13</sup> notaðar. Einnig var notast við algilda loftnetskvörðun úr gagnagrunninum GNPCVDB frá GEO++. Þetta er gert vegna þess að fasamiðja GPS loftneta er hvorki fastur né stöðugur punktur, heldur háður stefnu og hæðarhorni merkisins sem tekið er á móti. Stærðargráðan á þessum breytingum miðað við meðal fasamiðju getur verið nokkrir sentimetrar og eru áhrifin mest í hæðarþættinum. Einnig er hegðun þessi breytileg á milli lofnetsgerða (Wübbena, G. o.fl., 2000). Það er því sérlega mikilvægt að gera ráð fyrir þessu þegar notast er við margar mismunandi gerðir loftneta eins og gert var í ISNET2004.

Algengasta leiðréttingin fyrir breytingum á fasamiðju loftneta er svokölluð afstæð kvörðun „relative field calibration“. Þessi kvörðun tekur þó oftast aðeins til breytinga á hæðarhorni merkis sem tekið er á móti og nær ekki neðar en 10°. Einnig getur staðsetningin þar sem kvörðunin fer fram haft áhrif vegna endurkasts. Á síðustu árum hefur algild loftnetskvörðun „absolute field calibration“ rutt sér til rúms. Aðferðin er þróuð af Háskólanum í Hannover og Geo++<sup>14</sup>

10) <http://www.bernese.unibe.ch/>

11) <http://www.geopp.de>

12) <http://www.trimble.com>

13) National Geodetic Survey <http://www.ngs.noaa.gov/>

14) <http://www.geopp.de>

<b>Helstu stillingar fyrir Trimble Total Control</b>	
Úrvinnslumillibil	15 sek.
Hæðarhorn	15°
Gerð lausnar	Lc <sup>15</sup> >10km, L1<10km Fixed
Tropospheric Líkan	Niell
Meteorological Líkan	MSIS
Gerð gervitunglabrauta	NGS final orbits
Loftnetskvörðun fyrir móttakara	GNPCVDB

Tafla 6. Helstu stillingar fyrir úrvinnslu mælingagagna með Trimble Total Control.

<b>Helstu stillingar fyrir Bernese 5.0</b>	
Úrvinnslumillibil	15 sek.
Hæðarhorn	10-15°
Gerð lausnar	L3, Fixed
Tropospheric líkan	Niell
Gerð gervitunglabrauta	IGS final orbits
Úrvinnsluaðferð	Shortest distance
Loftnetskvörðun fyrir móttakara	GNPCVDB
Loftnetskvörðun fyrir gervitungl	Absolute PCV

Tafla 7. Helstu stillingar fyrir úrvinnslu mælingagagna með Bernese 5.0.

<b>Helstu stillingar fyrir Geonap</b>	
Úrvinnslumillibil	15 sek.
Hæðarhorn	10-15°
Gerð lausnar	L0, Float
Tropospheric líkan	Kalman Filter
Gerð gervitunglabrauta	IGS final orbits
Loftnetskvörðun fyrir móttakara	GNPCVDB

Tafla 8. Helstu stillingar fyrir úrvinnslu mælingagagna með Geonap.

fyrirtækinu í Þýskalandi. Þessi kvörðun tekur bæði til breytinga á stefnu- og hæðarhorni innkomandi merkis og nær niður í 0° fyrir hæðarhornið og er ekki háð þeim stað sem kvörðunin fer fram á. Segja má því að algild loftnetskvörðun sýni raunverulega hegðun fasamiðjunar í GPS loftneti en að afstæð kvörðun sé aðeins nálgun. IGS og EUREF hófu að nota algildar loftnetskvarðanir í nóvember 2006 og má því ætla að aukning verði á notkun þeirra í náinni framtíð.

Helstu stillingar sem notaðar voru fyrir hverja hugbúnaðarlausn fyrir sig er að finna í töflum 6-8.

15) Ionosphere-free combination, kölluð Lc í TTC, L3 í Bernese en L0 í Geonap.

Óþvingaðar lausnir mælinga hvers dags voru reiknaðar og síðan voru sameiginlegar mælistöðvar milli blokka notaðar til þess að fella netið saman. Niðurstöður Bernese og Trimble Total Control voru svokallaðar fixed lausnir en Geonap lausnin var svokölluð float lausn. Í Geonap nálgast float lausn fixed lausn þegar mælitíminn er langur. Við lokaútfjöfnun var notast við hugbúnaðinn gnpnet frá Geo++ fyrir Geonap og Bernese lausnirnar en forritið Geolab<sup>16</sup> var notað til að jafna út TTC lausnina.

## Lokaniðurstaða

Lokaniðurstaðan fékkst með því að reikna vegið meðaltal hugbúnaðarlausnanna þriggja með svokallaðri Variance Component Estimation aðferð en henni er lýst meðal annars í bókinni Ausgleichsrechnung (Niemeier, W. 2002). Aðferð þessi metur gæði lausnanna út frá samvikafylki<sup>17</sup> hvernar lausnar fyrir sig og gefur lausninni vægi út frá því. Bernese lausnin fékk mesta vægið 3.02, því næst Trimble Total Control 2.04 og Geonap lausnin minnsta vægið 1.53.

Samanburð hvernar hugbúnaðarlausnar við lokalausn er að finna í viðauka 3 og á myndum 12 og 13.

Bernese lausnin er líkust lokalausninni, sem er eðlilegt þar sem hún hefur mest vægi í lokalausninni. Við sjáum einnig að Bernese og TTC lausnirnar eru mjög líkar í legu fyrir utan Vestfirði og Reykjanes, en þar er Trimble lausnin líkari Geonap. Athyglisverðast er þó að flestir stefnuvigrar Geonap lausnarinnar miðað við lokalausn virðast vísa inn til landsins. Þeir stærstu eru úti við ströndina en þegar dregur inn til landsins minnka þeir. Þetta bendir til þess að það sé kvarðamunur á milli Geonap miðað við lokalausn. Þegar litið er á muninn í hæð sjáum við að minna samræmi er í hæðarþætti lausnanna heldur en í legu. Þetta kemur ekki á óvart þar sem nákvæmni GPS mælinga í hæð er minni heldur en nákvæmni í legu (Rothacher, M., 2002). Stærstu frávikin koma fyrir í Trimble lausninni í punkti LM0511 (29mm) og KJOL (-23mm).

Staðalfrávik hvernar lausnar m.v. lokalausn er í töflu 9.

	Austur [mm]	Norður [mm]	Hæð [mm]
Trimble	2.35	2.31	5.42
Geonap (float)	4.67	3.55	6.16
Bernese 5.0	0.35	0.70	2.16

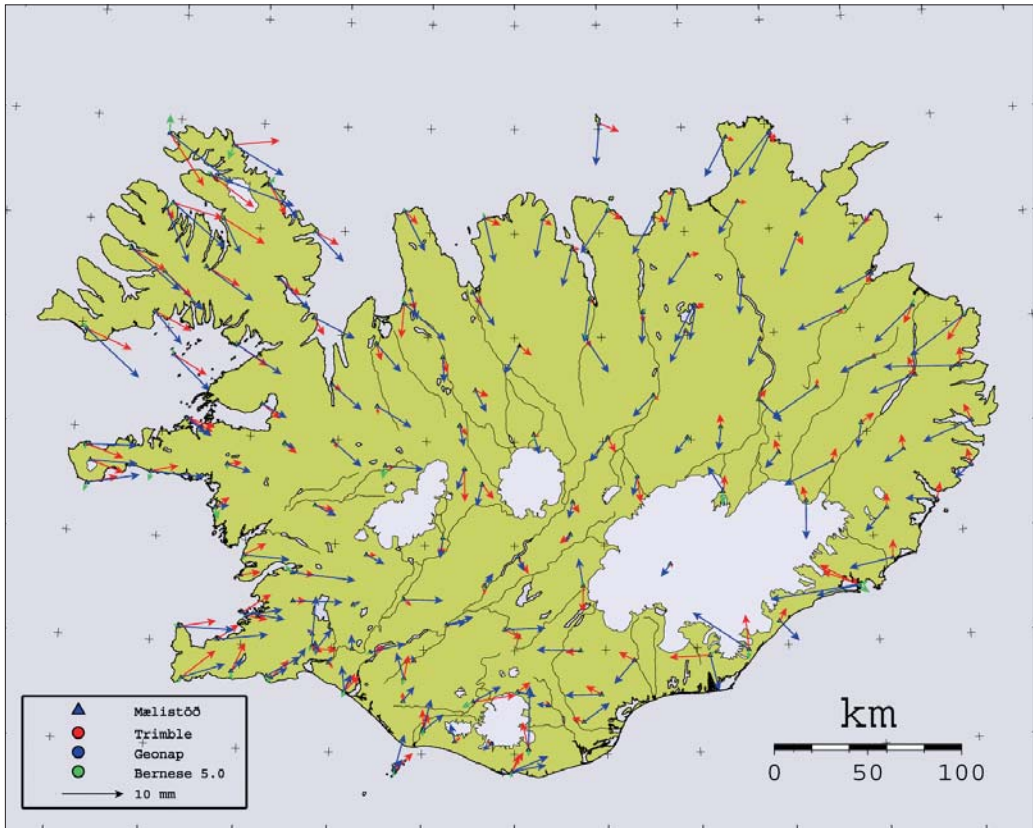
Tafla 9. Staðalfrávik hvernar lausnar m.v. lokalausn.

Lokalausnirnar eru gefnar í töflum 10-12. Hnit sem þar eru gefin eru jarðmiðjuhnit í kerfi IGB2004.6. Z-ásinn fellur saman við snúningsás jarðar, en X- og Y-ásarnir spanna miðbaugsplanið. X-ásinn sker hádegisbauginn 0° en Y-ásinn 90° austlægrar lengdar. Lagt er til að þessi nýja viðmiðun hljóti nafnið ISN2004.

Í viðauka 1 töflum 19 og 20 er svo að finna baughnit mælistöðva yfir sporvölu GRS80. Í töflum 21 og 22 í viðauka 2 eru hnit mælistöðvanna gefin í hornsannri keiluvörpun Lamberts. Nánar verður fjallað um breytingar á vörpuninni miðað við ISN93 hér á eftir.

16) <http://www.msearchcorp.com/>

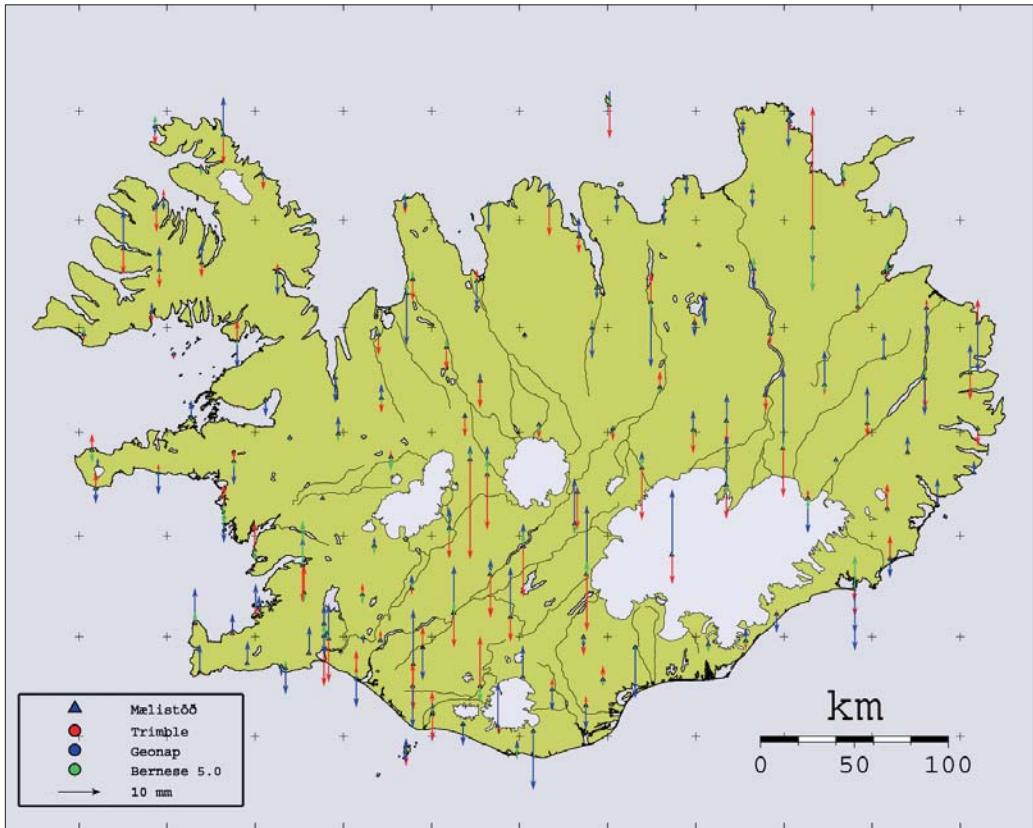
17) Covariance Marix



Mynd 12. Láréttur hnitamunur á hugbúnaðarlausnum miðað við lokalausn.

### Lambert hnit í ISN2004

Algengasta kortavörpun sem notuð er með ISN93 viðmiðuninni er hornrækin keiluvörpun Lamberts enda hentar þessi vörpun löndum sem teygja sig lengra til austur-vesturs en norður-suðurs. Skurðbaugar vörpunarinnar eru  $64^{\circ}15'N$  og  $65^{\circ}45'N$  en miðjan  $65^{\circ}N$  og  $19^{\circ}V$ . Hnit miðjunnar í metrum eru (500000, 500000). Eins og áður hefur verið getið kalla margir þetta ISNET hnit þó svo að þetta sé aðeins ein framsetning á hnitum í viðmiðun ISN93. Lagt er til að hnitum miðju vörpunarinnar verði breytt í (700000, 300000). Þetta er gert til að aðgreina hnit sem eru í viðmiðun ISN93 og ISN2004 og mun það fyrirbyggja misskilning sem upp getur komið þar sem hnitin yrðu svo lík ef engu yrði breytt. Einnig bar á því að menn rugluðu saman norður og austur hnitum á þeim svæðum þar sem þau voru mjög lík. Með þessari breytingu er komið í veg fyrir að það geti gerst. Kjósi menn hins vegar að nota gömlu miðjuna þarf aðeins að draga 200000 frá austur þættinum og bæta 200000 við norður þáttinn. Mælt er þó með því að allir taki upp hina nýju vörpun þar sem það auðveldar öll gagnaskipti.



Mynd 13. Lóðréttur munur á hugbúnaðarlausnum miðað við lokalausn.

Tafla 10. Jarðmiðjuhnit stöðva í grunnstöðvaneti

Nafn	X	Y	Z	Staðarheiti
LM0082	2585369.6753	-1044193.2530	5717263.1739	Valhúsaá
LM0301	2580413.8395	-1078663.8240	5713110.2487	Garðskagi
LM0302	2603902.3356	-1085476.2624	5701229.5676	Reykjanes
LM0303	2610173.1749	-1059327.4259	5703398.1892	Krísuvík
LM0304	2620121.6333	-1040401.9330	5702216.5133	Strandarhæð
LM0305	2613055.2886	-1014504.2108	5710176.7721	Kambar
LM0306	2601586.0939	-987329.9358	5720195.8762	Laugarvatn V
LM0307	2608333.4504	-960821.0325	5721615.3916	Haukholt A
LM0308	2581421.1618	-972840.7046	5732052.3382	Tjaldafell
LM0309	2576133.2912	-1012786.2085	5727002.3141	Fossá V
LM0310	2532303.4708	-1041447.8678	5741281.2328	Akrar
LM0311	2514903.1181	-1028494.1244	5751248.6136	Gullborgarhraun
LM0312	2504337.2188	-1068051.4086	5748624.0818	Kirkjuhóll
LM0313	2479896.5757	-1096560.1328	5753827.1211	Hellissandur-Rif
LM0314	2486468.5431	-1041516.3274	5761149.3621	Stykkishólmur
LM0315	2493495.9121	-1001446.5312	5765201.1420	Knararhöfn
LM0316	2523282.3896	-971626.3887	5757784.9948	Holtavörðuheidi
LM0317	2427300.8710	-1077887.9509	5779512.3136	Mjósund
LM0318	2398155.2881	-1042519.9337	5798328.0454	Sandafell
LM0319	2384768.1114	-1014205.5660	5808538.2817	Arnarnes
LM0320	2414993.9603	-1029615.3763	5793911.9723	Mjólká
LM0321	2431597.6654	-1040831.9785	5784470.4680	Flókalundur
LM0322	2454713.9927	-1038231.5249	5775229.6706	Flatey
LM0323	2461535.5699	-1004794.8861	5778216.7055	Reykhólar
LM0324	2438985.0669	-972980.3418	5793107.3725	Hrófberg
LM0325	2423699.1158	-947339.3340	5803721.6198	Gjögur
LM0326	2504354.4760	-903050.9626	5777074.2617	Blönduvirkjun V
LM0327	2479599.2063	-877493.3805	5791252.9673	Hegranes
LM0328	2520172.7896	-827572.7241	5781070.7480	Samkomugerði
LM0329	2476764.5719	-820464.6373	5800670.9443	Hauganes
LM0330	2458070.9805	-830270.3985	5807132.7522	Ólafsfjörður
LM0331	2423251.4616	-786502.5791	5827690.6900	Grimsey
LM0332	2456991.1303	-701486.3891	5824452.7446	Raufarhöfn
LM0333	2490465.3082	-682485.5997	5812549.4559	Pórhöfn
LM0334	2511292.8411	-663041.4140	5805888.5479	Bakkafjörður
LM0335	2538749.3004	-672174.4602	5792995.3408	Vopnafjörður
LM0336	2560269.0923	-656422.9159	5785368.2915	Geirastaðarklettur
LM0337	2573610.4083	-632243.0163	5782134.2962	Bakkagerði
LM0338	2596124.0388	-641863.7769	5771113.2944	Sörlastaðaá
LM0339	2592757.5344	-665860.2248	5769949.3617	Egilsstaðir
LM0340	2577684.0329	-684377.7024	5774580.3046	Hofteigur
LM0341	2606272.7984	-701080.7323	5760374.2081	Bessastaðaá S

Reiknað í kerfi IGB00, tími 2004.6 samkvæmt mælingum í mæliátaki ÍSNET2004. Öll hnit í metrum.

*Jarðmiðjuhnit stöðva í grunnstöðvaneti (framhald)*

<b>Nafn</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Staðarheiti</b>
LM0342	2618922.1610	-721853.4470	5752169.3297	Laugarfell SV
LM0343	2625127.1006	-683682.2212	5753744.2667	Breiðdalsheiði
LM0344	2623160.0666	-644377.8688	5758771.5127	Teigará
LM0345	2643405.0098	-651525.5174	5748652.9655	Kambanes
LM0346	2653554.9286	-674423.8695	5741361.4311	Djúpivogur A
LM0347	2672929.6376	-706039.8422	5728645.0214	Hraunkot NA
LM0348	2679718.1230	-727978.1028	5722771.5331	Höfn
LM348A	2679650.1606	-727916.3805	5722807.2703	Höfn VBLI-Stöð
LM0349	2682826.4428	-773586.2217	5715375.9087	Fellsá SV
LM0350	2676116.7862	-853485.1516	5707266.8442	Kálfafell
LM0351	2695326.0347	-888599.8142	5692906.8291	Botnar
LM0352	2705449.0362	-932957.5690	5681294.0800	Reynisfjall
LM0353	2684207.1100	-992350.9239	5681115.6342	Heimaey
LM0354	2671260.4693	-971798.7916	5690706.2818	Seljaland
LM0355	2627494.6822	-943235.0753	5715870.4672	Bjarnalón
LM0356	2616372.3700	-917935.2471	5725401.5611	Langahlíð
LM0357	2609078.5425	-896345.7945	5732061.2900	Kjalvötn
LM0358	2593530.3051	-859971.2609	5744698.8235	Háumýrar NA
LM0365	2615257.4756	-1012581.0304	5709413.3384	Ölfusborgir
LM0500	2638936.5119	-820464.5944	5731047.5924	Grímsfjall
LM0502	2559354.9353	-1034401.5121	5730633.1388	Belgsholt
LM0503	2497191.7782	-963093.3609	5770101.8111	Reykjaskóli NA
LM0504	2486082.3639	-934404.5216	5779633.7926	Borgarvirki
LM0505	2467495.6234	-908519.4030	5791567.9297	Laxárbrú
LM0506	2430013.1665	-898998.9646	5808749.3489	Selvíkurtangi SA
LM0508	2512365.7290	-862333.1707	5779654.7124	Valagilsá
LM0509	2447342.8596	-859627.1016	5807407.9024	Straumnesviti S
LM0511	2508318.4961	-703820.0271	5802909.2494	Vegahnúkur
LM0514	2550611.0464	-691130.6593	5786045.1217	Puríðarvatn SA
LM0518	2632703.4439	-741354.5539	5743624.6061	Hátunga A
LM0521	2515478.8721	-996242.4134	5756613.2756	Hundadalur
LM0524	2420320.2689	-1007851.5341	5795317.8537	Eyrarfjall
LM0525	2401249.0876	-991282.1454	5805676.3350	Selá
LM0527	2569675.9954	-903256.5182	5748734.1827	Kjalhraun
LM0528	2538863.2191	-905160.2618	5761913.9143	Helgufell V
LM0530	2543900.1768	-949128.1700	5752610.4062	Núpatjörn V
LM0534	2515338.5456	-943810.7418	5765771.5617	Fitjá austan
LM0535	2393882.3402	-962799.5534	5813445.1915	Meyjarsel
LM0536	2368934.8833	-974443.7354	5821689.2863	Hrolleifsvík
LM0537	2351946.3476	-1004979.3262	5823342.4354	Straumnes
LM0538	2378636.5763	-990818.5979	5815031.1697	Höfði
LM1008	2517919.4800	-794366.5262	5786779.8529	Skjálfandafljót

*Reiknað í kerfi IGB00, tími 2004.6 samkvæmt mælingum í mæliátaki ÍSNET2004. Öll hnit í metrum.*



*Jarðmiðjuhnit stöðva í grunnstöðvaneti (framhald)*

<b>Nafn</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Staðarheiti</b>
LM1260	2463206.9680	-961488.3003	5785116.4339	Ennishöfði
LM1420	2523856.7378	-767525.0784	5787946.7275	Reykjahlið
LM2003	2639295.4498	-1005292.6531	5699663.4412	Strýta
LM3359	2640062.9499	-914420.6695	5715079.5860	Bjallavað S
LM3713	2593136.9132	-1061430.0393	5710621.4610	Keillisnes
NE200201	2638866.7294	-1005159.3847	5699878.9518	Gömlu Ragnheiðarst.
NE200204	2524416.2352	-766736.3839	5787827.8168	Múlavegur
NE84011	2584564.7291	-773035.7775	5761279.4764	Dyngja
NE9907	2681785.6658	-904212.1870	5697066.6534	Snæbýli
OS2069	2616362.8286	-917915.0866	5725408.0646	Langahlíð II
OS5491	2605876.0159	-747769.3136	5754921.4214	Hattur SV
OS5861	2534174.1453	-775587.7028	5782405.2287	Grænavatn
OS7012	2582199.6643	-718008.8137	5769023.1295	Grunnavatnsalda
OS7031	2475668.3540	-773840.6092	5807473.8319	Bakkahöfði
OS7220	2637798.3301	-965304.7593	5707314.3739	Krókahraun
OS7225	2626301.4971	-986086.6913	5709000.1212	Langamýri
OS7227	2483087.1908	-728801.6151	5810333.1495	Vörðuhóll
OS7367	2451088.7088	-724496.8945	5824135.4892	Hálishnúkur S
OS7371	2549358.3975	-990669.0597	5742824.2630	Breiðavatn NA
OS7373	2497751.7882	-1102225.0319	5745040.1818	Malarrif
OS7375	2686769.9891	-814259.0486	5707989.9632	Svínafell S
OS7377	2705475.0266	-933010.1483	5681268.8860	Reynisfjall II
OS7378	2525419.7185	-891721.9750	5769912.7234	Bugavatn N
OS7379	2558527.9650	-802265.4204	5768493.2032	Íshólsvatn S
OS7383	2633520.6906	-867895.7686	5725426.0484	Jökulheimar
OS7384	2518718.3581	-738513.6432	5794009.4217	Norðmelur
OS7385	2667086.8038	-941871.7826	5698184.6932	Einhyrmingur
OS7416	2670431.1614	-917713.4375	5700568.2569	Mælifell V
OS7441	2499694.2745	-762498.8351	5799072.9528	Þeistareykir
OS7442	2550578.4871	-739069.0110	5780142.6911	Króksmellshellur
OS7461	2649096.3183	-701306.6433	5740407.8754	Háiás
OS7469	2570035.1032	-832199.6804	5759460.0125	Kiðagilsdrög
OS7470	2593102.2210	-823277.2231	5750438.1324	Gjallandi A
OS7472	2578250.7852	-749529.0167	5766667.8274	Herðubreiðarlindir
OS7482	2587294.6153	-931532.5320	5736156.3723	Hvítárvatn
OS7485	2662698.2387	-879191.2632	5710219.8352	Galti
OS7487	2670304.7241	-971155.4766	5691284.0898	Hamragarðar
OS7494	2555845.9080	-869149.4816	5760214.5770	Ásbjarnarvötn
RH8434	2614589.8684	-782023.6222	5746447.5950	Kverkfjöll
RH8437	2583683.6346	-791534.7993	5759073.5514	Fjallsendi S
RH8701	2465226.3714	-796166.4998	5808883.8286	Flateyjaralur
RH9602	2690810.8284	-793619.1767	5708935.1997	Kvísker
VG4341	2589263.3630	-1017082.0331	5720692.4716	Skálafell S
LJLA	2488299.8289	-1096904.1003	5750705.2081	Ljósálækur

*Reiknað í kerfi IGB00, tími 2004.6 samkvæmt mælingum í mæliátaki ÍSNET2004. Öll hnit í metrum.*

Tafla 11. Jarðmiðjuhnit GPS jarðstöðva í grunnstöðvaneti

Nafn	X	Y	Z	Staðarheiti
AKUR	2502918.5526	-819166.9682	5789714.9108	Akureyri
ARHO	2467610.4333	-759562.4021	5812784.4811	Árholt
HIAK	2567874.4345	-1039285.0005	5725959.1452	Akranes
HLID	2617878.9950	-1025392.5028	5705953.7324	Hlíðarskóli
HOFN	2679689.9822	-727951.2286	5722789.2938	Höfn
HVER	2612574.1288	-1012553.7686	5710687.6980	Hveragerði
HVOL	2698197.2619	-921040.0060	5686606.5934	Láguhvolar
ISAK	2627583.5219	-943252.7378	5715821.1583	Ísakot
KIDJ	2621668.1146	-994561.3550	5709658.3084	Kiðjabergr
OLKE	2607821.2996	-1012548.8706	5713291.4504	Ölkelduháls
REYK	2587384.3136	-1043033.5267	5716564.0201	Reykjavík
RHOF	2456169.8904	-701823.7362	5824743.1695	Raufarhöfn
SELF	2623476.5200	-1008751.6692	5706311.6738	Selfoss
SKRO	2607916.4864	-866436.5245	5737542.5272	Skrokkalda
SOHO	2689497.2949	-939037.8070	5688438.5458	Sólheimahéiði
STOR	2654220.2826	-977198.6082	5697686.9308	Stórólfsvoll
THEY	2681806.8509	-957239.1439	5688292.0849	Þorvaldseyri
VMEY	2683329.7050	-992250.9755	5681548.2179	Vestmannaeyjar
VOGS	2618568.4021	-1042247.9914	5702562.6298	Vogsósar

Reiknað í kerfi IGB00, tími 2004.6 samkvæmt mælingum í mæliátaki ÍSNET2004. Öll hnit í metrum.

Tafla 12. Jarðmiðjuhnit mögulegra GPS jarðstöðva í grunnstöðvaneti

Nafn	X	Y	Z	Staðarheiti
BLON	2472590.8174	-913922.2537	5788519.1075	Blönduós
EGIL	2592775.0089	-665561.3390	5769969.5460	Egilsstaðir
GUNN	2644029.8008	-973190.7654	5703105.0659	Gunnarsholt
ISAF	2385703.9150	-1018546.9234	5807349.8729	Ísafjörður
KIRK	2685854.3658	-875463.6791	5699363.7090	Kirkjubæjarklaustur
KJOL	2559572.7084	-909568.2112	5752217.7356	Hveravellir
STYK	2486369.4418	-1041510.5093	5761188.6990	Stykkishólmur

Reiknað í kerfi IGB00, tími 2004.6 samkvæmt mælingum í mæliátaki ÍSNET2004. Öll hnit í metrum.

## Samanburður á ISN93 og ISN2004

Vegna jarðskorpuhreyfinga sökum flekareks, jarðskjálfta og eldsumbrota er áhugavert að bera saman niðurstöður ISNET93 og ISNET2004 mælinganna. Einnig er þessi vitneskja mjög mikilvæg til þess að finna sambandið á milli viðmiðanna ISN93 og ISN2004.

Til þess að skoða færslur milli ISN93 og ISN2004 þarf að bera þær saman í sama viðmiðunarramma þannig að ásar kerfanna liggi saman. Viðmiðunin ISN93 er í viðmiðunarramma ITRF93 tími 1993.6 en hin nýja viðmiðun ISN2004 er í viðmiðunarramma IGB00 tími 2004.6. Eins og lýst er í kafla um viðmiðunarramma er IGB00 sambærilegur rammanum ITRF00 „að jafnaði“. Þó geta hnit einstakra stöðva og hraðar þeirra verið örlítið frábrugðnir milli IGB00 og ITRF00. Þar sem engir opinberir vörpunarstikar eru til milli ITRF93 og IGB00, vörpum við ITRF93 yfir í ITRF00. Á heimasíðu ITRF<sup>18</sup> er að finna vörpunarstika á milli ITRF93 og ITRF00.

Til þess að flytja hnit milli viðmiðunarramma t.d. ITRF93 yfir í IGB00 er notuð 7-stíka Helmert vörpun. Jafna vörpunarinnar er sem hér segir:

$$\begin{bmatrix} X_{IGb00} \\ Y_{IGb00} \\ Z_{IGb00} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1+m & -r_z & r_y \\ r_z & 1+m & -r_x \\ -r_y & r_x & 1+m \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_{ITRF93} \\ Y_{ITRF93} \\ Z_{ITRF93} \end{bmatrix}$$

Jafna 1. Helmert vörpun milli ITRF93 og IGB00.

Hnitin eru í jarðmiðjakerfi. T táknar hliðrun, r táknar snúning og m táknar kvarða. Vörpunarstika er að finna í töflu 13 (ITRF, e.d.a).

Færsla [cm]	Snúningur [0.001'']	Kvarði [ppb]			
<b>TX</b>	0.354	<b>rX</b>	-1.006	<b>m</b>	-2.006
<b>TY</b>	-0.538	<b>rY</b>	0.264		
<b>TZ</b>	2.426	<b>rZ</b>	0.748		

Tafla 13. Vörpunarstikar milli ITRF93 og IGB00.

18) <http://itrf.ensg.ign.fr>

Erfitt er þó að segja til um algildar færslur þegar hnitasettin tvö eru borin saman. Aðal-ástæðan er óvissa í algildum hnitum frá ISN93. Hins vegar er hægt að bera saman afstæðar færslur með þeirri nákvæmni sem gefin er upp fyrir niðurstöður mælinganna þannig að hægt er að sjá hvernig grunnstöðvanetið hefur afmyndast frá 1993 til 2004. Til þess að gera sér grein fyrir algildum færslum er þó hægt að bera saman færslu hraða GPS jarðstöðvanna HOFN og REYK við færslur punktanna LM0348 og LM0082. Mælistöð LM0348 er um 50 m frá HOFN og LM0082 er um 1500 m frá REYK. Það getur þó vissulega verið einhver munur á færslu jarðstöðvanna og punktanna.

En hverjir eru færsluhraðar stöðvanna HOFN og REYK? Færsluhraðar á GPS-jarðstöðvum eru reiknaðir víða um heim af mörgum aðilum með mismunandi úrvinnsluáferðum. Ef við berum saman færsluhraða fyrir HOFN og REYK frá Igb00 (IGS, 2004), ITRF2000 (ITRF, e.d.b) við færsluhraða hins nýja ITRF2005 (ITRF, e.d.c) eða færsluhraða uppgefna hjá SOPAC<sup>19</sup> (SOPAC, 2007) og NASA<sup>20</sup> (NASA, 2007) kemur talsverður munur í ljós sérstaklega í hæðarþætti stöðvanna og þá sér í lagi í HOFN. Sjá má færsluhraðann á HOFN og REYK í töflum 14 og 15.

HOFN	Tími[ár]	vN[mm/ár]	vA[mm/ár]	vh[mm/ár]
IGb00	2004.6	15.2	11.6	7.2
ITRF2000	1997.0	14.7	12.4	7.0
ITRF2005	2000.0	15.1	12.7	12.4
SOPAC	2007.6	14.9	13.4	10.3
NASA	2007.6	15.0	12.2	11.1

Tafla 14. Færsluhraði á HOFN frá mismunandi aðilum.

REYK	Tími[ár]	vN[mm/ár]	vA[mm/ár]	vh[mm/ár]
IGb00	1998.0	20.9	-11.0	-3.7
ITRF2000	1997.0	19.2	-9.2	-1.2
ITRF2005	2000.0	19.7	-10.7	-3.0
SOPAC	2007.6	19.6	-9.9	-2.5
NASA	2007.6	20.5	-11.5	-2.6

Tafla 15. Færsluhraði á REYK frá mismunandi aðilum.

Út frá töflum 14 og 15 sjáum við að ekki er mikill munur á færsluhröðunum í legu, hins vegar er nokkur munur á færsluhraðanum í hæð, þá sérstaklega á HOFN. Eins og fram hefur komið er nákvæmni í hæð lakari heldur en nákvæmni í legu. Þessi munur er þó of mikill til þess að kenna því um. Eitthvað annað hlýtur að koma til. Skýringin liggur í því að skipt var um loftnet á HOFN í september 2001. Eftir þessi loftnetsskipti virðist sem rishraðinn hafi aukist en erfitt er að fullyrða um orsökina fyrir því. Líklegt að þetta tengist loftnetskvörðun loftnetanna frekar en að um sé að ræða staðbundin áhrif. Igb00 og ITRF2000 hraðarnir byggja að öllu eða að mestu leyti á gögnum fyrir loftnetsskiptin en ITRF2005, SOPAC og NASA byggja á gögnum yfir lengra tíma-bil.

19) Scripps Orbit and Permanent Array Center

20) National Aeronautics and Space Administration

Í framsetningu á færslum hér á eftir verður notast við færsluhraða SOPAC tími 2007.6 og gengið út frá því að færslan á REYK sé sú sama og færslan á LM0082. Færslugildin fyrir grunnstöðvarnar er að finna í töflu 23 í Viðauka 4.

Mælistöð	vN[mm/ár]	vA[mm/ár]	vh[mm/ár]
HOFN	14.9	13.4	10.3
REYK	19.6	-9.9	-2.5
REYK-HOFN	4.7	-22.4	-12.8

Tafla 16. Færsluhraðar HOFN og REYK skv. SOPAC 2007.6 auk afstæðrar færslu milli stöðvanna.

Færsla á 11 ára tímabili ætti því að vera:

Mælistöð	dN[mm]	dA[mm]	dh[mm]
HOFN	163.9	147.4	113.3
REYK	215.6	-108.9	-27.5
REYK-HOFN	51.7	-256.3	-140.8

Tafla 17. Framreiknuð 11 ára færsla HOFN og REYK skv. SOPAC 2007.6.

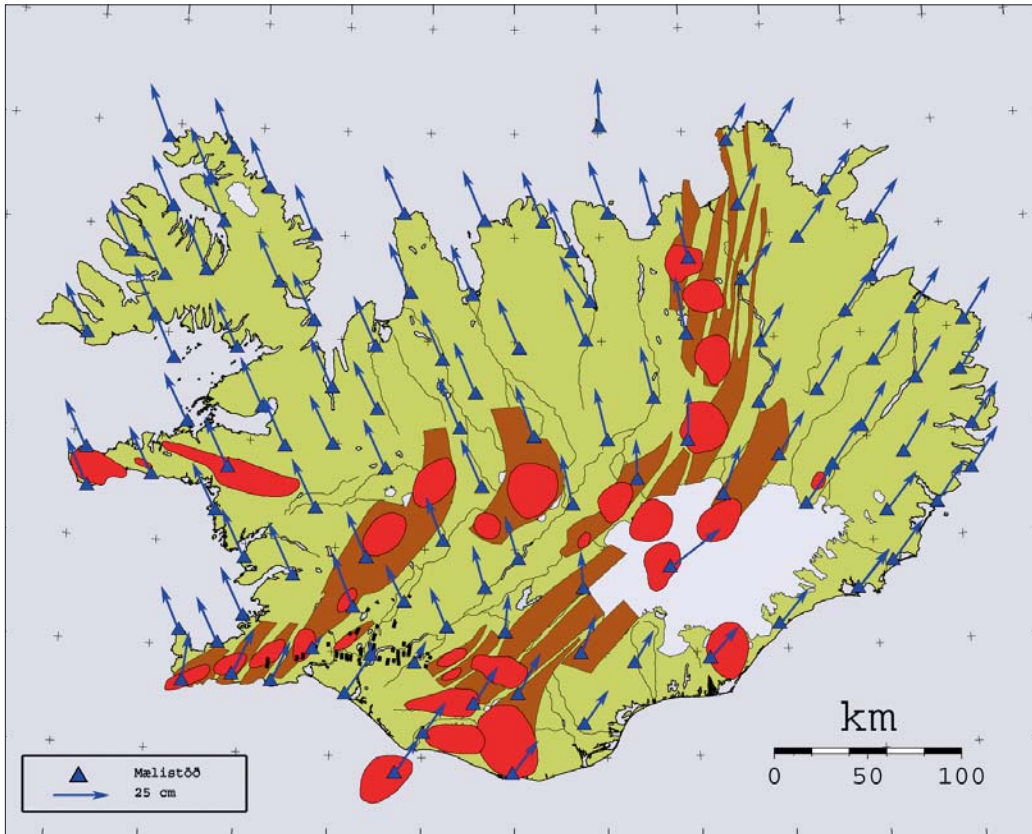
Næst er skoðuð afstæð færsla milli LM0348 og LM0082. Færslur LM0348 og LM0082 auk afstæðrar færslu milli mælistöðvanna er að finna í töflu 18.

Mælistöð	dN[mm]	dA[mm]	dh[mm]
LM0348	172.5	121.1	62.5
LM0082	220.6	-133.7	-94.8
LM0082-LM0348	48.1	-254.8	-157.2

Tafla 18. Færsla LM0348 og LM0082 frá ISN93 til ISN2004 í kerfi IGb00.

Ef borin er saman afstæð 11 ára færsla milli REYK og HOFN og afstæð færsla milli LM0082 og LM0348 verður munurinn á norður færslu 3.6 mm, munur á austurfærslu er 1.5 mm en munur á hæð 16.4 mm. Þessar niðurstöður verða að teljast mjög góðar, sérstaklega í lárétta þættinum. Niðurstöður lóðrétta þáttarins eru einnig nokkuð góðar sé tillit tekið til nákvæmni hæðarþáttarins árið 1993.

Hægt er að meta algilda færslu með því að hliðra færslu LM0082 á 11 ára færslu GPS jarðstöðvarinnar REYK. Dregnir eru 5.0 mm frá norðurþættinum, 24.8 mm bætt við austurþáttinn og heilum 67.3 mm bætt við hæðina. Láréttar færslur milli ISN93 og ISN2004 er að finna á mynd 14.

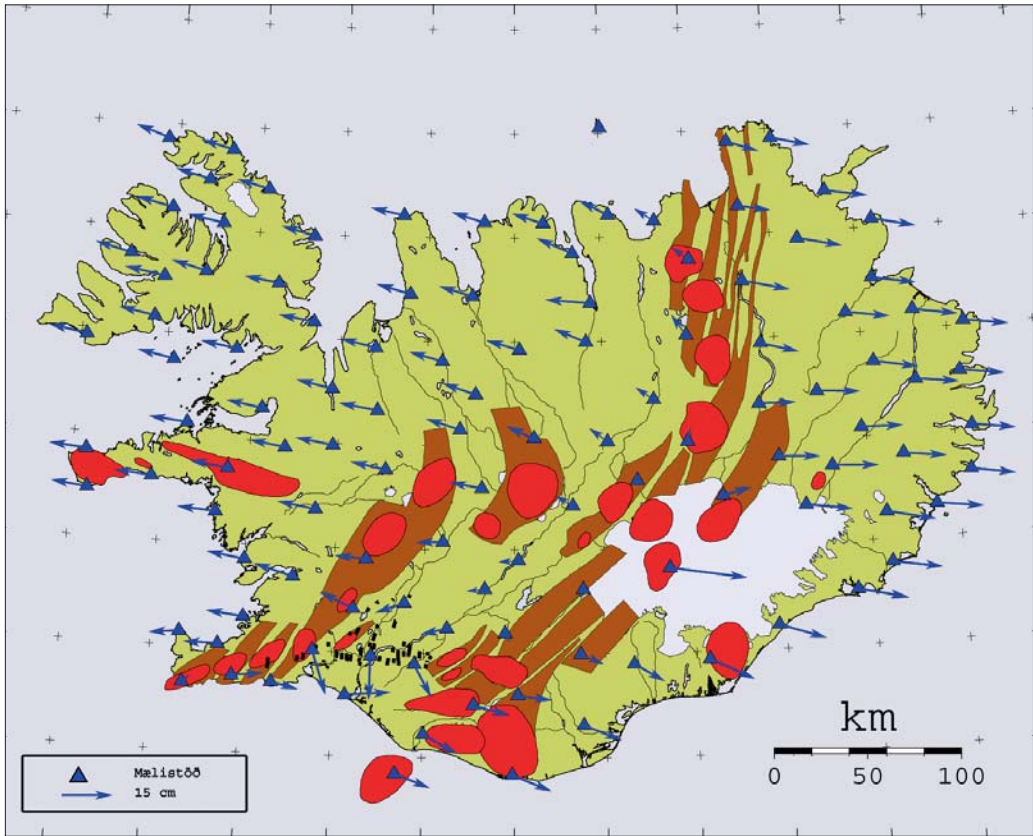


Mynd 14. Lárétt hreyfing milli ISN93 og ISN2004 í kerfi IGb00. Færsluhraði LM0082 er hafður sá sami og í REYK skv. SOPAC 2007.6.

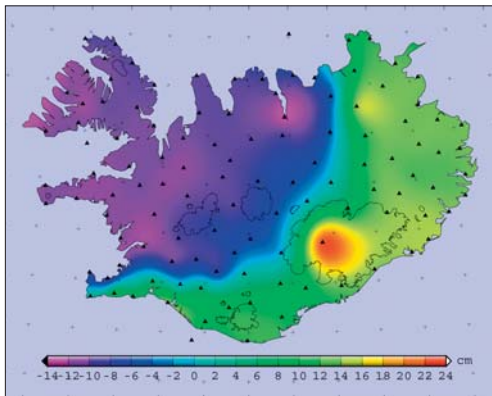
Eins og sést á mynd 14 færast allir punktar til norðurs. Þrjú punktar á Suðurlandsundirlendinu færast þó mun minna en aðrir punktar. Austur-vestur færslan virðist fylgja flekaskilum. Mesta norðurfærslan er 26.3 cm í punkti OS5861 en minnsta norðurfærslan er í punkti LM0305 aðeins 6.9 cm. Mesta vesturfærslan er 13.2 cm á Akureyri en mesta austurfærslan er 22.7 cm en sá punktur er í Grímsvötnum LM0500 og sýnir hann öðruvísi hegðun en aðrir punktar sem færast til austurs. Næstmesta austurfærslan er 14.9 cm í punkti LM348A sem er VLBI punkturinn á Höfn. Til að fá gleggri mynd af austur-vestur færslu er hægt að draga frá meðal norðurfærslu þar sem allir punktar þokast til norðurs og sjáum við því betur bjögum grunnstöðvanetsins. Dregnir eru 20 cm frá norðurþætti og þá kemur út mynd 15.

Á mynd 15 sést að norður færslan er meiri vestan flekaskila en austan þeirra. Einnig sést að austur-vestur færslan minnkar þegar nær dregur flekaskilum. Þetta sést betur á myndum 16 og 17 sem sýna einvíða færslu.

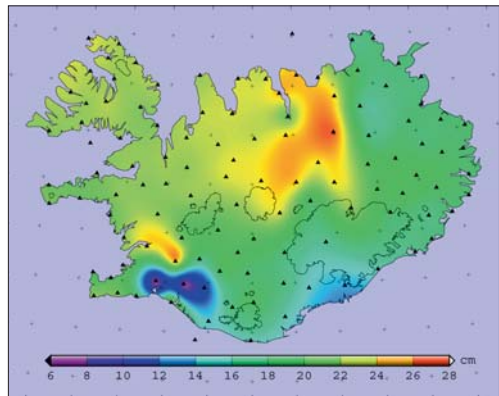
Mynd 16 sýnir austur-vestur færslu og sjást flekaskil Norður-Ameríku og Evrasíu mjög greinilega. Einnig er hægt að sjá hvernig dregur úr austur-vestur færslu þegar nær dregur flekaskilum. Greinilega má sjá frábrugðna hegðun í Grímsvötnum miðað við nálæga punkta og líklega má rekja það til eldsumbrota. Erfiðara er að rýna í mynd 17 sem sýnir norður-suður færslu. Þó sést að norðurfærslan virðist vera meiri á Norður-Ameríku flekanum, einnig sjást afbrigðilegar færslur á Suðurlandsundirlendinu þar sem norðurfærslan virðist mun minni en annars staðar. Má það að öllum líkindum rekja til jarðskjálftanna á Suðurlandi árið 2000.



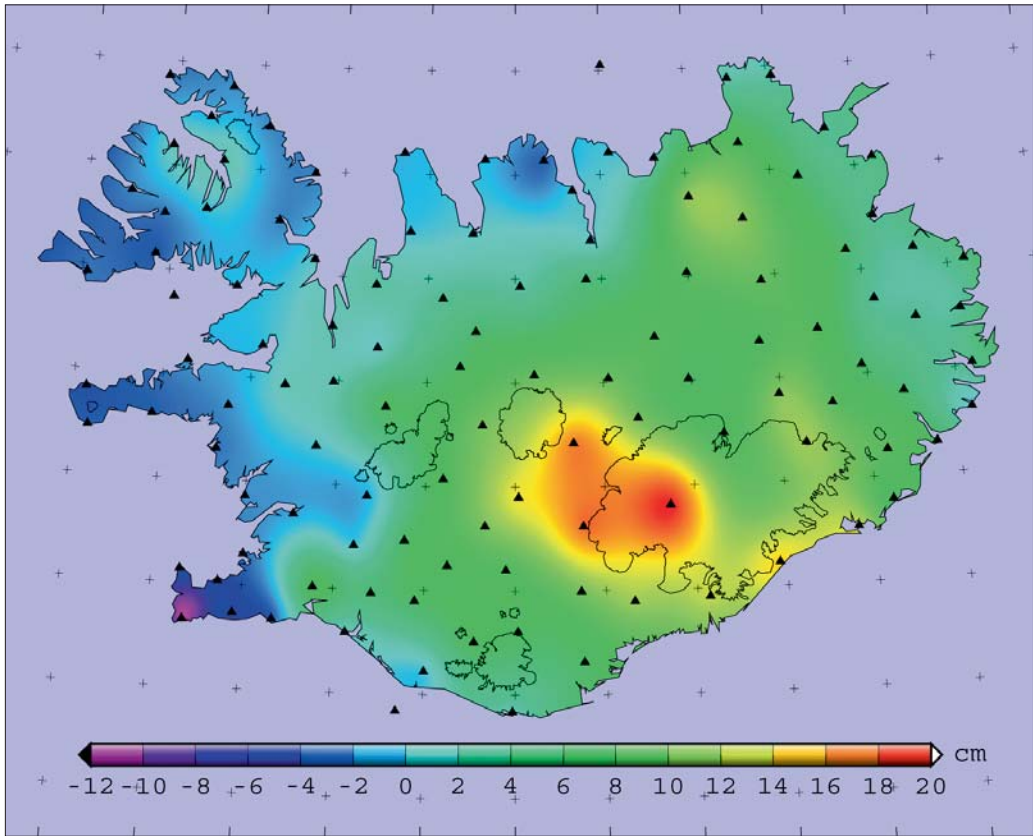
Mynd 15. Lárétt bjögun milli ISN93 og ISN2004 í kerfi IGb00. Dregnir hafa verið 20 cm frá norðurþætti færslanna.



Mynd 16. Austur-vestur færsla milli ISN93 og ISN2004 í IGb00.



Mynd 17. Norður-suður færsla milli ISN93 og ISN2004 í IGb00.



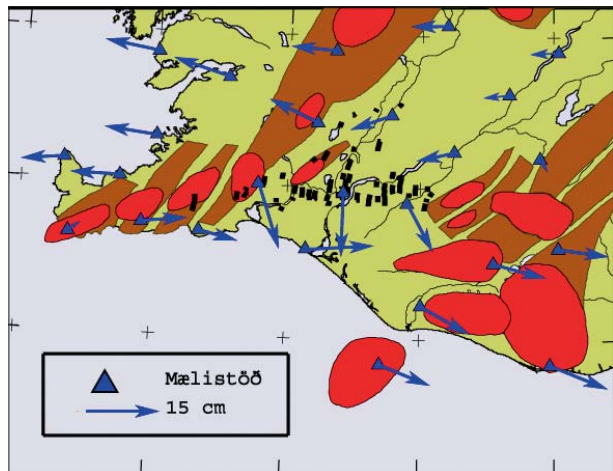
Mynd 18. Breytingar í hæð á milli ISN93 og ISN2004 í kerfi IGB00. Færsluhraði LM0082 er hafður sá sami og á REYK skv. SOPAC 2007.6.

Hér á undan voru aðeins skoðaðar breytingar í legu en einnig hafa átt sér stað talsverðar breytingar í hæð eins og sjá má á mynd 18.

Það sést að landið virðist rísa mest vestan Vatnajökuls og í Grímsvötnum en þó ber að hafa fyrirvara á þessu mikla landrísí í Grímsvötnum vegna eldsumbrota á svæðinu. Landrísíð í Grímsvötnum er 20.1 cm en rísíð er 17.6 cm. í Jökulheimum. Talsvert landsig virðist vera á Reykjanesi allt að 12.2 cm.

Af þessu má sjá að grunnstöðvænetið hefur afmyndast umtalsvert frá árinu 1993 til 2004.

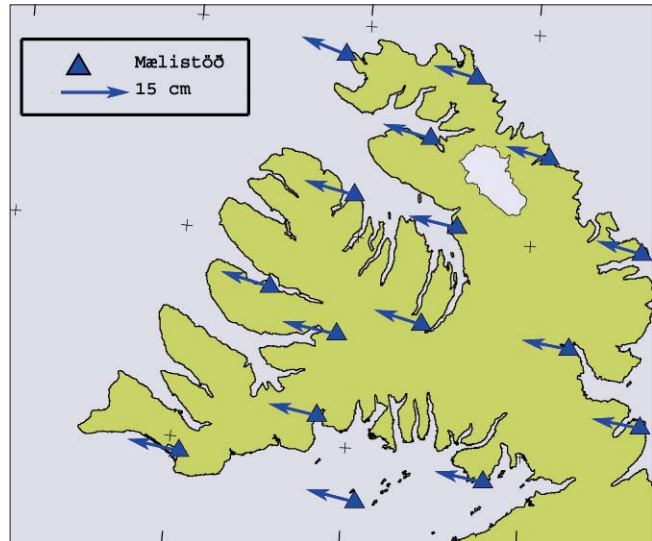
Álykta má að afmyndunin stafi að stærstum hluta til af flekareki en einnig af jarðskjálftum og eldsumbrotum. Stærstu vandræðin eru á Suðvesturlandi en þar þurfa menn að glíma við flekarek, afmyndun vegna jarðskjálfta og landsig. Á svæðum eins og Vestfjörðum hefur hins vegar



Mynd 19. Láréttar færslur á Suðvesturlandi.



lítil afmyndum átt sér stað. Færslur í legu og hæð eru það líkar að munurinn er undir skekkjumörkum mælinganna. Afmyndum grunnstöðvanetsins hefur því ekki áhrif alls staðar á landinu. Mikilvægt er þó að allir muni taka upp hina nýju viðmiðun ISN2004. Sé það ekki gert getur komið upp misskilningur ef menn eru að vinna í sitt hvoru kerfinu en átta sig ekki á því þar sem hnitamunurinn er ekki mjög mikill. Til þess að auðvelt sé að skipta á milli ISN93 og ISN2004 þarf að finna hentuga vörpunaraðferð fyrir þær sérstöku aðstæður sem eru hér á landi. Fjallað verður um þetta hér á eftir.



Mynd 20. Láréttar færslur á Vestfirðum.

---

# Ný viðmiðun ISN2004

Eins og fram hefur komið hefur grunnstöðvanetið afmyndast talsvert á 11 ára tímabili milli árána 1993 og 2004 en afmyndunin er þó misjöfn eftir svæðum. Þar sem afmyndunin er af stærðargráðunni 10-30 cm er ljóst að þeir sem eru að vinna í mælikvörðum 1:5000 eða minni verða ekki mikið varir við að skipt sé um viðmiðun. En þegar unnið er í stærri mælikvörðum fer þetta að skipta máli t.d. í deiliskiplagi þar sem oftast er unnið í mælikvörðum 1:2000-1:500. Þó mun hin nýja viðmiðun hafa mest áhrif á öflun frumgagna, innmælingu, útsetningu og alla mælivinnu sem krefst mikillar nákvæmni.

Fyrir þá notendur sem vinna á svæðum þar sem lítil afmyndun hefur átt sér stað eða þá sem vinna í stærri mælikvarða virðist engin nauðsyn á því að skipta úr ISN93 yfir í ISN2004. Fyrir þá notendur sem vinna á svæðum þar sem netið hefur afmyndast er hins vegar nauðsynlegt að skipta yfir í ISN2004. Því er mikilvægt að allir sem vinna í landmælingum og með landupplýsingakerfi skipti yfir í ISN2004 til að fyrirbyggja misskilning og mistök sem geta skapast þegar unnið er í tveimur kerfum.

En hvernig á að taka upp nýja viðmiðun ISN2004, að hverju þarf að huga?

Það fyrsta sem þarf að tryggja er að hægt sé að komast á milli kerfa á auðveldan hátt. Annars er ekki hægt að ætlast til að neinn taki upp hina nýju viðmiðun. Fjallað verður nánar um varpanir milli ISN93 og ISN2004 í næsta kafla.

Íslendingar eru með þeim fyrstu í heiminum sem skipta úr viðmiðun sem komið var á fót með GPS tækni yfir í aðra mælda með sömu tækni. En aðstæður Íslendinga eru einnig nokkuð sérstakar. Í raun og veru eru mælipunkturarnir sem mynda grunnstöðvanetið stöðugri hreyfingu og það væri í sjálfu sér ekkert vandamál ef þeir hreyfðust allir eins. En svo er ekki. Mælingar í Þingeyjarsýslunum árið 2000 og á Suðurlandi 2001 leiddu skýrt í ljós vandamálið sem við stöndum frammi fyrir. Eftir aðeins 7-8 ár var grunnstöðvanetið orðið það afmyndað að ekki var hægt með góðu móti að fella þær nákvæmu GPS mælingar sem gerðar voru inn í ISN93 kerfið. En hvernig er hægt að takast á við þetta vandamál. Það sem togast á er að menn vilja hafa hnit hvers punkts sem nákvæmust en einnig vilja þeir að hnitin séu alltaf þau sömu.

Nýsjálendingar eiga við svipað vandamál og Íslendingar að stríða, þar sem Kyrrahafsflakinn og Ástralíuflekinn rekast saman. Þegar þeir ákváðu að taka upp nýja viðmiðun NZGD2000 í stað NZGD49 sem var sígild tvívíð viðmiðun eins og Hjörsey55 skoðuðu þeir þrjá möguleika, fasta viðmiðun, hálfhreyfanlega viðmiðun og hreyfanlega viðmiðun (Grant, Blick, Pearse, Beavan og Morgan, 1999).

**Föst viðmiðun:** Hnitum grunnstöðva sem mynda kerfið er haldið föstum frá þeim tíma sem mælingar voru gerðar í vissum alþjóðlegum viðmiðunarramma t.d. ITRF93.6 eins og ISN93. Mælingum sem gerðar eru í kerfinu er svo þvingað inn í viðmiðunina. ISN93 er föst viðmiðun eins og flestar viðmiðanir sem notaðar eru í heiminum.

---

**Hreyfanleg viðmiðun:** Hér yrði viðmiðunin skilgreind í einhverjum ákveðnum alþjóðlegum viðmiðunarramma. Hnitum yrði þó ekki haldið föstum á einhverjum ákveðnum tímavarki heldur leyft að breytast með tíma í þeim viðmiðunarramma sem kerfið er í og vörpunarstíkar yfir í önnur kerfi breytast einnig stöðugt. Þetta kerfi túlkar best raunveruleikann og viðheldur stöðugt sambandi sínu við þann alþjóðlega viðmiðunarramma sem það er skilgreint í. Viðmiðun sem þessi er fjórvið þar sem tíminn er fjórða viddin. Ekki er hægt að skilgreina hnitavarki án þess að tímasetning fylgi með.

**Hálfhreyfanleg viðmiðun:** Viðmiðunin er skilgreind út frá hnitum grunnstöðva hennar í alþjóðlegum viðmiðunarramma á vissum tímavarki, líkt og í fastri viðmiðun. Hins vegar er búið til líkan sem hermír eftir hreyfingum landsins út frá GPS mælingum. Þetta líkan yrði svo notað til að framreikna hnit þeirra grunnstöðva sem notaðar eru við mælingar, á þann tímavarki sem mælingarnar fara fram, og til að varpa niðurstöðum mælinganna til baka á þann tímavarki sem viðmiðunin er skilgreind á. Hægt er að nota niðurstöður ISNET2004 og ISNET93 endurreiknaðar í sama viðmiðunarramma auk samfelldra GNSS mælinga og annarra GPS mælinga við gerð slíks líkans. Leiðréttu verður þó fyrir staðbundnum atburðum eins Suðurlandsskjálftunum árið 2000 og eldgosum í Grímsvötnum þar sem skyndileg stökk hafa átt sér stað frá 1993 þannig að hnitamunurinn endurspeglar ekki þá stöðugu hreyfingu sem á sér stað á hverjum tíma. Verði hins vegar staðbundinn atburður eftir að líkanið hefur verið tekið í notkun þarf að bæta honum inn í líkanið.

Nýsjálandingar völdu að nota hina hálfhreyfanlegu viðmiðun og hefur reynsla þeirra verið nokkuð góð. Notkun á viðmiðuninni hefur reynst fólki sem starfar við nákvæmar landmælingar auðveld. Hins vegar verður fólk sem litla þekkingu hefur á þeim málaflokki fyrir lítilsháttar óþægindum í fyrstu þar sem þeir þurfa að setja sig inn í hugsunina á bakvið viðmiðunina (Blink, Donnelly og Jordan, 2005).

Áhugavert væri að reyna þetta hér á landi en auk gagna úr endurmælingu grunnstöðvanetsins væri hægt að notast við þær fjölmörgu mælingar sem gerðar hafa verið á hinum jarðfræðilega virku svæðum landsins auk upplýsinga frá GPS jarðstöðvum sem myndu spila lykilhlutverk í svona kerfi. Notkun á hálfhreyfanlegri viðmiðun myndi lengja líftíma ISN2004 og minnka því þau óþægindi sem felast í því að vera reglulega að skipta um viðmiðun. Hins vegar þyrfti að halda hreyfilíkaninu við með reglulegum mælingum í grunnstöðvanetinu, þá sérstaklega á virkum svæðum. Einnig þyrfti að bregðast skjótt við þegar staðbundnir atburðir eiga sér stað til þess að koma hinum skyndilegu færslum inn í hreyfilíkanið.

---

# Varpanir á milli ISN93 og ISN2004

## Skilyrði fyrir vörpunaraðferð

Til þess að notendur ISN93 geti tekið upp ISN2004 er nauðsynlegt að finna aðferð til að varpa á milli þessara kerfa. Þessi aðferð þarf að uppfylla eftirfarandi skilyrði:

- Einfaldleiki - Auðvelt í notkun fyrir almennan notanda.
- Skilvirkni - Lágmarka reiknitíma.
- Einstæði - Sjá til þess að aðeins ein lausn sé til fyrir hvern punkt.
- Nákvæmni - Sjá til þess að niðurstöður vörpunarinnar séu sem bestar.
- Tvígengi - Að sama niðurstaða fái við að varpa hnitum fram og til baka.
- Samræmi - Að þeir punktar sem notaðir eru til að skilgreina vörpunina fái rétt hnit.
- Samfelldni - Forðast stökk í vörpuninni svo náðin sé varðveitt.

Þegar net hefur þjagast uppfylla hefðbundnar vörpunaraðferðir ekki þær kröfur sem settar eru hér að framan. T.d. ef reiknuð væri Helmert vörpun út frá öllum punktum sem bæði voru mældir 1993 og 2004 kæmi út nokkurs konar meðaltalsfærsla. Leiðrétt væri fyrir snúning milli kerfanna og kvörðunarþátturinn myndi að litlu leyti taka á afmynduninni. Þar sem afmyndunin er oftast staðbundin má segja að aðeins þeir punktar sem næstir eru þeim svæðum sem varpað er á eigi að hafa áhrif en ekki þeir sem fjær eru. Hins vegar getur verið erfitt að segja til um hvaða punktar eigi að hafa áhrif og hverjir hafa ekki áhrif. Eðlilegast er að setja vigt á punktana þannig að þeir sem næstir eru vegi mest en vægi þeirra minnki eftir því sem fjær dregur.

Til eru margar aðferðir sem hægt er að nota við verkefni eins og lýst er hér að ofan.

Tímafrekt getur verið að prófa allar þessar aðferðir með það að markmiði að finna bestu lausnina. Takmarkið er því frekar að finna góða lausn sem uppfyllir þau skilyrði sem hér eru sett að ofan. Sumar aðferðanna eru nokkuð flóknar stærðfræðilega og ekki á færi hvers sem er að beita þeim, auk þess sem þær geta verið þungar í útreikningum.

Hins vegar hafa þjóðir eins og Ástralía, Kanada og Bandaríkin leyst þetta með því að reikna þétt net út frá flóknum stærðfræðilíkönum þannig að færslugildi eru reiknuð fyrir hvern hnútpunkt í netinu. Notandinn þarf því aðeins að finna á hvaða möskva hann er í netinu og nota svo gildin á hnútpunktunum til að reikna færslugildi fyrir þann punkt sem hann ætlar að reikna á milli kerfa með línulegri brúun. Ástralar hafa stuðst við aðferð sem kallast least squares collocation (Collier, P., 2002). Ætlunin er að athuga hvernig þessi aðferð virkar fyrir íslenskar aðstæður. Einnig má skoða einfaldari aðferðir eins og búa til net þríhyrninga t.d. með aðferð Delaunay. Svo er gerð „affin“ vörpun út frá hornpunktum þríhyrningsins sem umlykur punktin sem varpa á milli kerfa. Sé þetta verkefni nálgast í þrívídd höfum við níu mæld gildi og níu

---

óþekktar stærðir, því verða leifar vörpunarinnar núll. Nánar verður fjallað um varpanir milli ISN93 og ISN2004 í sérstakri skýrslu þar sem farið verður yfir þær aðferðir sem nefndar eru. Aðferðirnar verða prófaðar og metnar með tilliti til þeirra skilyrða sem sett eru fyrir vörpun á milli ISN93 og ISN2004.

---

# Lokaorð

Landmælingar Íslands lögðu mikinn metnað í að endurmæling grunnstöðvanetsins tækist sem best enda í fyrsta skiptið sem Íslendingar sjá alfarið um undirbúning og framkvæmd á svo viðamiklum mælingum.

Endurmæling grunnstöðvanetsins ISNET2004 sýndi fram á það að íslenskar stofnanir og sveitarfélög ráða orðið vel við landmælingaverkefni af þessari stærðargráðu. Einnig sýnir verkefnið fram á hversu gott samstarf er á milli stofnana sem koma á einn eða annan hátt að landmælingum á Íslandi. Auk þess var þetta í fyrsta skiptið sem landshnitakerfi á Íslandi er endurmælt í heild sinni og ljóst var að niðurstöðurnar yrðu mjög athyglisverðar vegna jarðfræðilegrar sérstöðu landsins.

Nú þegar niðurstöður endurmælingarinnar liggja fyrir munu í kjölfarið fylgja mörg áhugaverð verkefni. Ljóst er á samanburði við ISN93 að grunnstöðvanetið afmyndaðist umtalsvert á þeim 11 árum sem liðu á milli mælinganna; bæði í legu og í hæð. Eigi ný viðmiðun ISN2004 að taka gildi þarf að reikna vörpun milli hennar og ISN93, ekki er hægt að beita hefðbundnum vörpunaraðferðum heldur þarf að beita aðferðum sem geta tekist á við afmyndun grunnstöðvanetsins. Einnig þarf að taka afstöðu til þess hvernig ný viðmiðun ISN2004 er meðhöndluð. Á að endurnýja viðmiðunina reglulega eða á að gera einhverjar ráðstafanir til þess að ISN2004 haldi áreiðanleika sínum með líkani af afmynduninni? Mikilvægt er að finna svarið við þessari spurningu í samráði við þá sem starfa við landmælingar og landupplýsingar hér á landi.

Landmælingar Íslands vilja að lokum þakka öllum aðilum sem að verkefninu komu kærlega fyrir veitta aðstoð. Það er von okkar að veitt aðstoð skili sér til baka í bættri og áreiðanlegri viðmiðun ISN2004.

# Heimildaskrá

Blink, G., Donnelly, N., Jordan, A. (2006): *The Practical Implications and Limitations of the Introduction of a Semi-Dynamic Datum - A New Zealand Case Study*. Kynnt á GRF2006 ráðstefnu, München.

Collier, P. (2002): *Development of Australian's National GDA94 Transformation Grids*. Melbourne. The University of Melbourne.

Grant, D.B., Blink, G.H., Pearse, M.B., Beavan, R.J., Morgan, P.J. (1999): *The development and implementation of New Zealand Geodetic Datum 2000*. Kynnt á IUGG99 General Assembly, Birmingham.

Gunnar Þorbergsson (1992): *Tillaga starfshóps um landmælingar á vegum umhverfisráðuneytis að nýju grunnstöðvaneti*. Reykjavík: Orkustofnun.

Gunnar Þorbergsson, Jón S. Erlingsson, Markus Rennen, Theodór Theodórsson Þórarinn Sigurðsson, Örn Jónsson. (2002): *GPS-mælingar á Suðurlandi vegna tengingar þríhyrninganeta við landsnet með viðmiðun ÍSN93*. Reykjavík: Orkustofnun.

Gunnar Þorbergsson, Jón S. Erlingsson, Theodór Theodórsson, Örn Jónsson, Christof Völksen (2000): *GPS-mælingar í Þingeyjarsýslum vegna tengingar þríhyrninganeta við landsnet með viðmiðun ÍSN93*. Reykjavík: Orkustofnun.

Ingvar Þór Magnússon, Gunnar Þorbergsson, Jón Þór Björnsson. (1997): *GPS-Mælingar í grunnstöðvaneti 1993 og ný viðmiðun ÍSN93 fyrir landmælingar á Íslandi*. Reykjavík: Landmælingar Íslands.

Moritz, H. 1980: *Geodetic reference system 1980*. Bulletin Géodésique, 54 no 3: 205-405

Niemeier W. (2002). *Ausgleichsrechnung*. Berlin: de Gruyter Lehrbuch.

. . . *Reglugerð um viðmiðun ÍSN93. Grunnstöðvanet og mælistöðvar til notkunar við landmælingar og kortagerð nr. 919/1999...*

Rothacher, M. (2002): *Estimation of Station Heights with GPS*. Í Drewes, H., Dodson, A., Fortes, L.P.S., Sánchez, L., Sandoval, P. (Ritstj.) Vertical Reference System: IAG Symposium Cartagena, Colombia February 20-23, 2001 (bls.81-90). New York: Springer Verlag.

Wübbena, G., Schmitz, M., Menge, F., Böder, V., Seeber, G. (2000): *Automated absolute field calibration of GPS antennas in real-time*. Kynnt á ION fundi 2000, Salt Lake City.

---

# Vefsíður

IGS. (2004). *IGS products, Final velocities skrá IGS04P29.snx.Z*. Sótt 15. febrúar 2007 af <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/products/1280/>

ITRF. (e.d.a) *Transformation parameters between ITRF solutions*. Sótt 23. janúar 2007 af <ftp://lareg.ensg.ign.fr/pub/itrf/ITRF.TP>

ITRF. (e.d.b) *Primari ITRF 2000 Solution*. Sótt 15. febrúar 2007 af [http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF\\_solutions/2000/results/ITRF2000\\_GPS.SSC.txt](http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2000/results/ITRF2000_GPS.SSC.txt)

ITRF. (e.d.c) *ITRF 2005 Files*. Sótt 7. ágúst 2007 af [http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF\\_solutions/2005/doc/ITRF2005\\_GPS.SSC.txt](http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2005/doc/ITRF2005_GPS.SSC.txt)

NASA (e.d.) *GPS time series*. Sótt 7. ágúst 2007 af <http://sideshow.jpl.nasa.gov/mbh/series.html>

SOPAC (e.d.) *SOPAC Refined Model GPS Site Position Time Series*. Sótt 7. ágúst af <http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/refinedJavaTimeSeries.cgi>



---

# Summary

The establishment of the Icelandic geodetic reference network and the new geodetic datum ISN93 was a milestone in the history of the National Land Survey of Iceland. The datum replaced the Hjørsey 55 datum which was out of date and could not serve as a national datum for large scale cartography and surveying. The network consists of 119 points evenly distributed over the country. The campaign ISNET93 was a joint project of Icelandic authorities and IfAG and IfE in Germany. IfAG provided both GPS device and some manpower for the project. The processing of the campaign was done by IfAG on Bernese v3.4/3.5 software and by IfE on Geonap software. Geocentric coordinates for the new datum ISN93 were given in system ITRF93.6 and geographic coordinates on the GRS80 ellipsoid. Coordinates in Lambert's conformal conical projection with standard parallels 65°45' and 64°15', central meridian 19°W and false easting and northing 500000 at 65°N and 19°W were also published. This map projection is standard today in Iceland.

Iceland's position on the Mid-Atlantic makes the maintenance of precise geodetic reference network difficult. The Eurasian plate and the North American plate are constantly drifting apart with a rate of approx. 1 cm/year in each direction. Local events like the earthquakes in South Iceland in June 2000 and volcanic eruption e.g. in Grímsvötn can also cause local deformation on the network. GPS measurements from Northeastern Iceland in 2000 and Southern Iceland in 2001 demonstrated severe deformation of ISN93. This was foreseen when the network was established and it was put in a regulation that the Icelandic geodetic reference network should be remeasured with not more than 10 years interval.

The reference network was remeasured in August 2004 in a GPS campaign called ISNET2004. The campaign was planned and carried out by Icelandic institutions and municipalities. This was the first time that a survey campaign of this magnitude is carried out by Icelanders only and also the first time that a reference network is remeasured in Iceland. The network was divided into 5 blocks and each block was measured two times. Each session lasted for at least 10 hours, usually 12-16 hours. All GPS satellites in view were observed with sampling rate of 15 seconds and 10° elevation mask. In addition to all GPS permanent stations, two points, LM0340 and LM1260, were occupied permanently during the campaign.

To connect the network to an international reference frame 10 IGS stations were used as fiducial stations. Five of them in Europe and five in America. Their coordinates and velocities were given in system IGB00. Computation together with Icelandic GPS permanent stations and LM0340 and LM1260 was performed in the IGB00 system at epoch 2004.6.

The data from the ISNET2004 campaign was processed with three different softwares Bernese 5.0, Geonap and Trimble Total Control. The three independent software solutions were combined into final solution using Variance Components Estimation in Geonap. The name of the new geodetic datum is ISN2004.

---

This report gives the geocentric coordinates in system IGb00 epoch 2004.6 and geographic coordinates on GRS80 ellipsoid. Coordinates in Lambert's conformal conical projection are also given. The projection parameters are the same as in the one from 1993 except from the false centre. The false centre is 700000E and 300000N at 65°N and 19°W. This is done to separate plane coordinates in ISN2004 from plane coordinates in ISN93.

When we compare the results from 2004 to the results from 1993 we can clearly see the deformation of the network. The deformation is not only in plane but also in height. Images of the deformation are shown on pages 37-40.

Now when we have these results the question of how to transform between ISN93 and ISN2004 has to be solved. Another challenging question is how to maintain precise geodetic datum in Iceland without frequently changing. Is a semi-dynamic datum or a dynamic datum an option?

---

# Viðauki 1

## *Breidd og lengd stöðva í grunnstöðvaneti*

Alþjóðleg samtök landmælingamanna og jarðeðlisfræðinga (IUGG, International Union of Geodesy and Geophysics) samþykktu árið 1979 að GRS80 sporvalan lýsi best stærð, lögun og þyngdarsviði jarðar (Moritz, H. 1980). Hnit mælistöðva í grunnstöðvanetinu, breidd, lengd og hæð reiknuð á og yfir sporvölu GRS80 eru gefin hér á næstu síðum.

Tafla 19. Breidd og lengd stöðva í grunnstöðvaneti

Nafn	Breidd	Lengd	Hæð°	Staðarheiti
LM0082	64°09'11.14978"N	21°59'35.04044"V	96.716	Valhúshæð
LM0301	64°04'05.12195"N	22°41'09.19853"V	79.98	Garðskagi
LM0302	63°49'31.62079"N	22°37'46.40365"V	79.26	Reykjanes
LM0303	63°52'02.73320"N	22°05'22.41546"V	197.429	Krísuvík
LM0304	63°50'42.67874"N	21°39'25.60799"V	97.859	Strandarhæð
LM0305	64°00'21.01684"N	21°13'06.33148"V	196.445	Kambar
LM0306	64°12'36.26384"N	20°46'56.25491"V	281.482	Laugarvatn V
LM0307	64°14'22.40257"N	20°13'19.47266"V	270.626	Haukholt A
LM0308	64°27'00.18871"N	20°38'58.35242"V	577.124	Tjaldafell
LM0309	64°21'15.50941"N	21°27'42.74705"V	91.337	Fossá V
LM0310	64°39'07.51738"N	22°21'20.34695"V	78.374	Akrar
LM0311	64°51'38.51874"N	22°14'33.30722"V	131.984	Gullborgarhraun
LM0312	64°48'21.84062"N	23°05'50.31794"V	94.121	Kirkjuhóll
LM0313	64°54'56.53793"N	23°51'14.56362"V	105.337	Hellissandur-Rif
LM0314	65°04'16.72745"N	22°43'39.10422"V	92.407	Stykkishólmur
LM0315	65°09'26.78936"N	21°52'53.59253"V	104.283	Knararhöfn
LM0316	64°59'33.82782"N	21°03'35.72060"V	460.97	Holtavörðuheidi
LM0317	65°27'55.54087"N	23°56'40.20461"V	68.853	Mjósund
LM0318	65°52'09.33438"N	23°29'43.53166"V	356.394	Sandafell
LM0319	66°05'55.99046"N	23°02'21.51838"V	125.226	Arnarnes
LM0320	65°46'05.72851"N	23°05'26.26235"V	572.912	Mjólká
LM0321	65°34'21.35363"N	23°10'23.08469"V	75.802	Flókalundur
LM0322	65°22'22.60841"N	22°55'34.08539"V	76.295	Flatey
LM0323	65°26'14.50799"N	22°12'18.73512"V	73.775	Reykhólar
LM0324	65°45'38.04977"N	21°44'54.45276"V	76.492	Hrófberg
LM0325	65°59'34.53101"N	21°20'55.65311"V	103.968	Gjögur
LM0326	65°24'16.96129"N	19°49'44.08997"V	482.773	Blönduvirkjun V
LM0327	65°43'04.27202"N	19°29'17.21807"V	189.145	Hegranes
LM0328	65°29'53.17490"N	18°10'44.80550"V	119.93	Samkomugerði
LM0329	65°55'32.11572"N	18°19'41.55744"V	113.031	Hauganes
LM0330	66°04'08.07960"N	18°39'48.91673"V	70.022	Ólafsfjörður
LM0331	66°31'38.70037"N	17°58'53.81562"V	75.653	Grimsey
LM0332	66°27'15.66112"N	15°56'03.75619"V	89.047	Raufarhöfn
LM0333	66°11'19.59493"N	15°19'30.25052"V	78.365	Pórhöfn
LM0334	66°02'27.93019"N	14°47'23.85438"V	86.236	Bakkafjörður
LM0335	65°45'26.88131"N	14°49'46.91309"V	109.391	Vopnafjörður
LM0336	65°35'29.65045"N	14°22'48.76165"V	101.453	Geirstaðarklettur
LM0337	65°31'19.14024"N	13°48'07.83590"V	75.775	Bakkagerði
LM0338	65°17'01.71046"N	13°53'14.18179"V	111.805	Sörlastaðaá
LM0339	65°15'29.74493"N	14°24'11.43655"V	142.198	Egilsstaðir
LM0340	65°21'22.77997"N	14°52'08.56438"V	211.671	Hofteigur
LM0341	65°02'34.51621"N	15°03'21.68150"V	709.876	Bessastaðaá S

Viðmiðun ISN2004. Breidd og lengd á sporvölu GRS80. Hæð í metrum yfir sporvölu GRS80.

*Breidd og lengd stöðva í grunnstöðvaneti (framhald)*

Nafn	Breidd	Lengd	Hæð°	Staðarheiti
LM0342	64°52'05.73582"N	15°24'35.29055"V	753.497	Laugarfell SV
LM0343	64°54'20.99588"N	14°35'51.74632"V	529.244	Breiðdalsheiði
LM0344	65°01'07.52567"N	13°48'05.03968"V	196.555	Teigará
LM0345	64°48'24.18638"N	13°50'45.02832"V	91.866	Kambanes
LM0346	64°39'13.81226"N	14°15'37.00346"V	74.769	Djúpivogur A
LM0347	64°23'19.24494"N	14°47'47.11466"V	75.042	Hraunkot NA
LM0348	64°16'01.00690"N	15°11'53.89289"V	81.545	Höfn
LM348A	64°16'03.88646"N	15°11'50.79188"V	78.237	Höfn VBLIStöð
LM0349	64°06'52.51957"N	16°05'05.21761"V	80.738	Fellsá SV
LM0350	63°56'50.38555"N	17°41'19.93920"V	142.766	Kálfafell
LM0351	63°39'22.29865"N	18°14'47.20171"V	107.128	Botnar
LM0352	63°25'08.02981"N	19°01'35.18720"V	302.292	Reynisfjall
LM0353	63°25'06.13808"N	20°17'21.64175"V	132.064	Heimaey
LM0354	63°36'40.16938"N	19°59'28.59918"V	139.52	Seljaland
LM0355	64°07'12.87671"N	19°44'50.82709"V	324.564	Bjarnalón
LM0356	64°18'37.54523"N	19°19'58.98295"V	666.3	Langahlíð
LM0357	64°26'57.29136"N	18°57'36.35042"V	629.944	Kjalvötn
LM0358	64°42'41.30197"N	18°20'40.76664"V	726.774	Háumýrar NA
LM0365	63°59'30.79273"N	21°09'55.85130"V	105.634	Ölfusborgir
LM0500	64°24'23.82556"N	17°16'15.06050"V	1780.758	Grímsfjall
LM0502	64°25'46.95143"N	22°00'24.59405"V	88.723	Belgsholt
LM0503	65°15'44.10698"N	21°05'24.57175"V	105.086	Reykjaskóli NA
LM0504	65°27'56.69741"N	20°35'56.19026"V	186.038	Borgarvirki
LM0505	65°43'33.43451"N	20°12'48.42580"V	127.235	Laxárbrú
LM0506	66°06'13.38091"N	20°18'08.19810"V	117.394	Selvíkurtangi SA
LM0508	65°27'46.56841"N	18°56'38.54929"V	352.245	Valagilsá
LM0509	66°04'28.83641"N	19°21'13.61448"V	85.752	Straumnesviti S
LM0511	65°57'57.47249"N	15°40'25.75283"V	554.433	Vegahnúkur
LM0514	65°35'53.08858"N	15°09'40.27316"V	515.298	Puríðarvatn SA
LM0518	64°41'07.55236"N	15°43'36.92111"V	911.24	Hátunga A
LM0521	64°58'28.49549"N	21°36'20.83064"V	112.197	Hundadalur
LM0524	65°48'08.65037"N	22°36'26.83361"V	402.047	Eyrarfjall
LM0525	66°02'11.39492"N	22°25'54.42103"V	81.631	Selá
LM0527	64°47'47.58403"N	19°22'00.77027"V	715.027	Kjalhraun
LM0528	65°04'38.75606"N	19°37'20.14601"V	618.415	Helgufell V
LM0530	64°52'52.43095"N	20°27'37.89187"V	562.404	Núpatjörn V
LM0534	65°09'49.30409"N	20°34'01.93267"V	410.059	Fitjá austan
LM0535	66°12'31.61880"N	21°54'34.49135"V	73.33	Meyjarsel
LM0536	66°23'32.01774"N	22°21'34.02410"V	97.175	Hrolleifsvík
LM0537	66°25'47.56109"N	23°08'12.72210"V	67.682	Straumnes
LM0538	66°14'35.50679"N	22°36'50.82617"V	115.903	Höfði
LM1008	65°37'11.57509"N	17°30'34.98595"V	219.705	Skjálfafljót
LM1260	65°34'53.04230"N	21°19'21.69221"V	339.542	Ennishöfði

*Viðmiðun ISN2004. Breidd og lengd á sporvölu GRS80. Hæð í metrum yfir sporvölu GRS80.*

*Breidd og lengd stöðva í grunnstöðvaneti (framhald)*

Nafn	Breidd	Lengd	Hæð°	Staðarheiti
LM1420	65°38'33.91861"N	16°54'53.77396"V	345.418	Reykjahlíð
LM2003	63°47'37.27306"N	20°51'05.59105"V	75.518	Strýta
LM3359	64°05'55.79560"N	19°06'15.13174"V	604.068	Bjallavað S
LM3713	64°00'59.85263"N	22°15'37.45404"V	104.895	Keilisnes
NE200201	63°47'53.32938"N	-20°51'07.64086"V	71.022	Gömlu Ragnheiðarst.
NE200204	65°38'23.33616"N	16°53'42.05350"V	363.293	Múlavegur
NE200204	65°03'22.71377"N	16°39'06.37488"V	1013.75	Dyngja
NE9907	63°44'10.73515"N	18°37'56.84761"V	332.406	Snæbýli
OS2069	64°18'38.09243"N	19°19'57.80273"V	665.364	Langahlíð II
OS5491	64°55'25.44092"N	16°00'39.96072"V	894.593	Hattur SV
OS5861	65°31'20.69609"N	17°01'00.50444"V	351.525	Grænavatn
OS7012	65°13'41.28020"N	15°32'21.01430"V	671.456	Grunnavatnsalda
OS7031	66°04'33.58333"N	17°21'29.23265"V	92.646	Bakkahöfði
OS7220	63°56'52.32311"N	20°06'00.52744"V	166.34	Krókahraun
OS7225	63°58'59.41214"N	20°34'46.00333"V	120.052	Langamýri
OS7227	66°08'06.93042"N	16°21'26.25728"V	292.261	Vörðuhóll
OS7367	66°26'49.31743"N	16°28'00.16867"V	98.627	Háishnúkur S
OS7371	64°40'56.93225"N	21°14'09.23867"V	181.461	Breiðavatn NA
OS7373	64°43'51.67542"N	23°48'40.45482"V	75.01	Mallarífl
OS7375	63°57'43.44962"N	16°51'36.30532"V	144.566	Svínafell S
OS7377	63°25'06.46104"N	19°01'38.15908"V	298.426	Reynisfjall II
OS7378	65°14'50.09381"N	19°26'52.98418"V	667.955	Bugavatn N
OS7379	65°12'59.10134"N	17°24'34.60018"V	690.854	Íshólsvatn S
OS7383	64°18'34.39987"N	18°14'24.03287"V	740.334	Jökulheimar
OS7384	65°46'23.61245"N	16°20'30.01056"V	430.471	Norðmelur
OS7385	63°45'13.27788"N	19°27'01.74240"V	623.739	Einhyrningur
OS7416	63°48'06.04282"N	18°57'56.38648"V	645.534	Mælifell V
OS7441	65°53'04.92634"N	16°57'49.09266"V	401.462	Þeistareykir
OS7442	65°28'14.82046"N	16°09'35.10511"V	489.24	Króksmelshellur
OS7461	64°37'49.56802"N	14°49'40.80443"V	256.036	Háiás
OS7469	65°01'09.08490"N	17°56'32.65242"V	933.613	Kiðagilsdrög
OS7470	64°49'42.98718"N	17°36'50.35068"V	916.973	Gjallandi A
OS7472	65°10'48.01750"N	16°12'35.25671"V	556.232	Herðubreiðarlindir
OS7482	64°32'12.81343"N	19°48'03.46900"V	504.825	Hvítárvatn
OS7485	63°59'52.31652"N	18°16'21.38941"V	677.813	Galti
OS7487	63°37'20.80826"N	19°59'08.43277"V	160.302	Hamragarðar
OS7494	65°02'12.83899"N	18°46'52.62935"V	846.325	Ásbjarnarvötn
RH8434	64°44'43.28351"N	16°39'06.91168"V	877.007	Kverkfjöll
RH8437	65°00'40.46501"N	17°01'58.50552"V	920.345	Fjallsendi S
RH8701	66°06'26.19623"N	17°53'53.94455"V	88.618	Flateyjardalur
RH9602	63°58'56.07293"N	16°25'57.82364"V	98.281	Kvísker
VG4341	64°13'05.86441"N	21°26'42.97765"V	390.131	Skálafell S
LJLA	64°50'24.95274"N	23°47'20.65758"V	601.369	Ljósælur

*Viðmiðun ISN2004. Breidd og lengd á sporvölu GRS80. Hæð í metrum yfir sporvölu GRS80.*

Tafla 20. Breidd og lengd GPS jarðstöðva í grunnstöðvaneti

Nafn	Breidd	Lengd	Hæð <sup>o</sup>	Staðarheiti
AKUR	65°41'07.52780"N	18°07'20.92904"V	134.168	Akureyri
ARHO	66°11'35.05621"N	17°06'32.55221"V	123.931	Árholt
HIAK	64°19'58.41365"N	22°02'04.01572"V	80.853	Akranes
HLID	63°55'15.97379"N	21°23'22.90607"V	111.058	Hlíðarskóli
HOFN	64°16'02.25080"N	15°11'52.51448"V	82.695	Höfn
HVER	64°01'01.74320"N	21°11'05.30254"V	150.047	Hveragerði
HVOL	63°31'34.60368"N	18°50'51.13021"V	264.606	Láguhvolar
ISAK	64°07'09.57907"N	19°44'49.83756"V	319.302	Ísákot
KIDJ	63°59'47.69560"N	20°46'29.43779"V	122.846	Kiðjabergr
OLKE	64°03'47.24978"N	21°13'11.60519"V	550.63	Ölkelduháls
REYK	64°08'19.62258"N	21°57'19.74895"V	93.022	Reykjavík
RHOF	66°27'40.03441"N	15°56'48.15431"V	76.894	Raufarhöfn
SELF	63°55'44.32908"N	21°01'56.01486"V	79.881	Selfoss
SKRO	64°33'24.57360"N	18°22'41.52756"V	982.117	Skrokkalda
SOHO	63°33'08.90683"N	19°14'47.92153"V	857.451	Sólheimahéiði
STOR	63°45'09.61013"N	20°12'43.50740"V	124.759	Stórólfsvoll
THEY	63°33'41.28188"N	19°38'36.31456"V	195.27	Þorvaldseyri
VMEY	63°25'37.15896"N	20°17'36.81852"V	135.235	Vestmannaeyjar
VOGS	63°51'09.67565"N	21°42'13.12819"V	72.981	Vogsósar

Víðmiðun ISN2004. Breidd og lengd á sporvölu GRS80. Hæð í metrum yfir sporvölu GRS80.

---

## Viðauki 2

### *Keiluhnit Lamberts á stöðvum í grunnstöðvaneti*

Á næstu síðum er að finna hnit mælistöðva í grunnstöðvanetinu gefin í hornsannri keiluvörpun Lamberts. Skurðbaugar keilu og sporvölu (GRS80) eru  $65^{\circ}45'N$  og  $64^{\circ}15'N$ . Norðurás liggur í plani  $19^{\circ}$  hádegisbaugs til norðurs en austurásinn hornrétt til austurs við  $65^{\circ}N$ . Skurðpunktar ásanna hafa hnitin: austur = 700000 og norður = 300000. Ásar hnitakerfisins eru nefndir austurás og norðurás. Sem fyrr verður áttarhorn mælt og reiknað frá norðri til austurs.



Tafla 21. Keiluhnit Lamberts á stöðvum í grunnstöðvaneti

Nafn	Austur	Norður	Hæð <sup>o</sup>	Staðarheiti
LM0082	554396.900	209034.159	96.716	Valhúshæð
LM0301	520175.712	201353.592	79.98	Garðskagi
LM0302	521368.699	174188.333	79.26	Reykjanes
LM0303	548150.641	177450.062	197.429	Krísuvík
LM0304	569287.325	174006.961	97.859	Strandarhæð
LM0305	591486.558	191073.897	196.445	Kambar
LM0306	613455.304	213158.541	281.482	Laugarvatn V
LM0307	640717.739	215798.303	270.626	Haukholt A
LM0308	620597.893	239727.480	577.124	Tjaldafell
LM0309	581096.565	230333.444	91.337	Fossá V
LM0310	539725.381	265469.190	78.374	Akrar
LM0311	546313.264	288412.880	131.984	Gullborgarhraun
LM0312	505458.745	284686.619	94.121	Kirkjuhóll
LM0313	470531.492	299416.641	105.337	Hellissandur-Rif
LM0314	524737.268	313118.842	92.407	Stykkishólmur
LM0315	564919.670	320631.408	104.283	Knararhöfn
LM0316	602821.173	300772.935	460.97	Holtavörðuheidi
LM0317	471052.607	360847.613	68.853	Mjósund
LM0318	495008.794	404208.690	356.394	Sandafell
LM0319	517412.741	428358.981	125.226	Arnarnes
LM0320	512712.222	391716.297	572.912	Mjólká
LM0321	507503.600	370194.343	75.802	Flókalundur
LM0322	517497.991	347247.601	76.295	Flatey
LM0323	551341.673	352529.915	73.775	Reykhólar
LM0324	574077.453	387535.170	76.492	Hrófberg
LM0325	593341.751	412688.872	103.968	Gjögur
LM0326	661491.620	345372.539	482.773	Blönduvirkjun V
LM0327	677593.023	380120.925	189.145	Hegranes
LM0328	738000.311	355779.448	119.93	Samkomugerði
LM0329	730592.086	403360.766	113.031	Hauganes
LM0330	715234.760	419221.431	70.022	Ólafsfjörður
LM0331	745293.042	470683.539	75.653	Grimsey
LM0332	836692.301	465483.638	89.047	Raufarhöfn
LM0333	865553.381	437361.795	78.365	Pórshöfn
LM0334	890722.414	422431.629	86.236	Bakkafjörður
LM0335	891009.672	390754.020	109.391	Vopnafjörður
LM0336	912912.916	373736.872	101.453	Geirstaðarklettur
LM0337	940133.402	368072.811	75.775	Bakkagerði
LM0338	938355.989	341284.431	111.805	Sörlastaðaá
LM0339	914556.182	336596.642	142.198	Egilsstaðir
LM0340	892130.588	346005.388	211.671	Hofteigur
LM0341	885624.308	310577.226	709.876	Bessastaðaá S
LM0342	870097.568	290144.683	753.497	Laugarfell SV

Viðmiðun ISN2004. Skurðbaugar 64°15'N og 65°45'N. Miðbaugar 65°N og 19°V.  
Fölsk miðja (700000m,300000m). Hæðir í metrum yfir sporölu GRS80.

Keiluhnitt Lamberts á stöðvum í grunnstöðvaneti (framhald)

Nafn	Austur	Norður	Hæð°	Staðarheiti
LM0343	908225.393	296755.046	529.244	Breiðdalsheiði
LM0344	944777.672	312161.316	196.555	Teigará
LM0345	944614.937	288430.008	91.866	Kambanes
LM0346	926260.963	269895.291	74.769	Djúpivogur A
LM0347	902671.302	238590.330	75.042	Hraunkot NA
LM0348	884135.150	223817.111	81.545	Höfn
LM348A	884171.461	223908.631	78.237	Höfn VBListöð
LM0349	842016.594	204568.734	80.738	Fellsá SV
LM0350	764277.173	183313.449	142.766	Kálfafell
LM0351	737331.206	150410.996	107.128	Botnar
LM0352	698679.018	123731.003	302.292	Reynisfjall
LM0353	635587.842	124329.018	132.064	Heimaey
LM0354	650814.113	145552.927	139.52	Seljaland
LM0355	663582.814	202139.351	324.564	Bjarnalón
LM0356	683884.571	223168.717	666.3	Langahlíð
LM0357	701921.023	238602.375	629.944	Kjalvötn
LM0358	731246.374	267996.546	726.774	Háumýrar NA
LM0365	594020.394	189429.731	105.634	Ölfusborgir
LM0500	783365.574	234989.648	1780.758	Grímsfjall
LM0502	555193.948	239867.975	88.723	Belgsholt
LM0503	602388.550	330851.086	105.086	Reykjaskóli NA
LM0504	625896.772	352862.537	186.038	Borgarvirki
LM0505	644316.692	381472.105	127.235	Laxárbrú
LM0506	641108.898	423669.030	117.394	Selvíkurtangi SA
LM0508	702593.961	351612.793	352.245	Valagilsá
LM0509	683982.238	419868.707	85.752	Straumnesviti S
LM0511	851164.404	411678.430	554.433	Vegahnúkur
LM0514	876924.688	372053.149	515.298	Puríðarvatn SA
LM0518	856141.852	268974.512	911.24	Hátunga A
LM0521	576999.203	299701.721	112.197	Hundadalur
LM0524	535025.696	394170.417	402.047	Eyrafjall
LM0525	544467.656	419788.968	81.631	Selá
LM0527	682562.162	277369.757	715.027	Kjalhraun
LM0528	670732.379	308776.477	618.415	Helgufell V
LM0530	630805.082	287558.696	562.404	Núpatjörn V
LM0534	626532.615	319160.215	410.059	Fitjá austan
LM0535	569000.250	437794.899	73.33	Meyjarsel
LM0536	549850.025	459230.028	97.175	Hrolleifsvík
LM0537	515423.132	465480.429	67.682	Straumnes
LM0538	537529.944	443263.202	115.903	Höfði
LM1008	768663.239	369919.923	219.705	Skjálfandafljót
LM1260	592840.833	366788.771	339.542	Ennishöfði
LM1420	795974.562	373243.782	345.418	Reykjahlíð

Viðmiðun ISN2004. Skurðbaugar 64°15'N og 65°45'N. Miðbaugar 65°N og 19°V.  
Fölsk miðja (700000m,300000m). Hæðir í metrum yfir sporvölu GRS80.

*Keiluhnitt Lamberts á stöðvum í grunnstöðvaneti (framhald)*

<b>Nafn</b>	<b>Austur</b>	<b>Norður</b>	<b>Hæð°</b>	<b>Staðarheiti</b>
LM2003	608733.699	166854.332	75.518	Strýta
LM3359	694918.982	199541.238	604.068	Bjallavað S
LM3713	540618.542	194483.318	104.895	Keillisnes
NE200201	608720.207	167352.192	71.022	Gömlu Ragnheiðarst.
NE200204	796902.154	372946.594	363.293	Múlavegur
NE200204	810510.879	308330.293	1013.75	Dyngja
NE9907	718156.483	159174.125	332.406	Snæbýli
OS2069	683900.523	223185.578	665.364	Langahlíð II
OS5491	841340.188	294839.527	894.593	Hattur SV
OS5861	791707.982	359681.940	351.525	Grænavatn
OS7012	861779.294	329862.888	671.456	Grunnavatnsalda
OS7031	774325.671	420936.185	92.646	Bakkahöfði
OS7220	646065.953	183176.180	166.34	Krókakraun
OS7225	622671.073	187608.644	120.052	Langamýri
OS7227	819334.133	429074.638	292.261	Vörðuhöll
OS7367	813002.813	463616.891	98.627	Hálsnúkur S
OS7371	593299.567	266489.720	181.461	Breiðavatn NA
OS7373	470985.828	278732.776	75.01	Malarrif
OS7375	804839.781	186064.763	144.566	Svínafell S
OS7377	698637.754	123682.432	298.426	Reynisfjall II
OS7378	679060.297	327638.744	667.955	Bugavatn N
OS7379	774406.185	325063.231	690.854	Íshólsvatn S
OS7383	736774.360	223249.916	740.334	Jökulheimar
OS7384	821736.388	388768.570	430.471	Norðmelur
OS7385	677760.088	161137.504	623.739	Einhyrningur
OS7416	701692.293	166409.131	645.534	Mælifell V
OS7441	792864.848	400134.830	401.462	Peistareykir
OS7442	831576.347	355442.886	489.24	Króksmelsshellur
OS7461	899373.568	265381.758	256.036	Háiás
OS7469	749850.293	302556.388	933.613	Kiðagilsdrög
OS7470	765793.984	281614.119	916.973	Gjallandi A
OS7472	830690.037	322952.364	556.232	Herðubreiðarlindir
OS7482	661564.254	248615.911	504.825	Hvítárvatn
OS7485	735596.842	188485.721	677.813	Galti
OS7487	651111.667	146807.036	160.302	Hamragarðar
OS7494	710302.817	304131.527	846.325	Ásbjarnarvötn
RH8434	811791.158	273688.331	877.007	Kverkfjöll
RH8437	792736.229	302696.022	920.345	Fjallsendi S
RH8701	749813.944	423893.482	88.618	Flateyrdalur
RH9602	825675.158	189091.383	98.281	Kvisker
VG4341	581311.676	215150.868	390.131	Skálafell S
LJLA	472960.614	290796.291	601.369	Ljósálækur

*Viðmiðun ISN2004. Skurðbaugar 64°15'N og 65°45'N. Miðbaugar 65°N og 19°V. Fölsk miðja (700000m,300000m). Hæðir í metrum yfir sporvölu GRS80.*

Tafla 22. Keiluhnit Lamberts á GPS jarðstöðvum í grunnstöðvaneti

Nafn	Austur	Norður	Hæð°	Staðarheiti
AKUR	740331.851	376698.459	134.168	Akureyri
ARHO	785207.458	434301.913	123.931	Árholt
HIAK	553347.077	229150.883	80.853	Akranes
HLID	582755.751	181939.358	111.058	Hlíðarskóli
HOFN	884151.358	223856.677	82.695	Höfn
HVER	593173.944	192277.084	150.047	Hveragerði
HVOL	707588.181	135712.78	264.606	Láguhvolar
ISAK	663594.999	202037.08	319.302	Ísakot
KIDJ	613148.802	189357.095	122.846	Kiðjabergr
OLKE	591639.152	197459.056	550.63	Ölkelduháls
REYK	556149.181	207354.228	93.022	Reykjavík
RHOF	836106.366	466211.317	76.894	Raufarhöfn
SELF	600315.73	182203.615	79.881	Selfoss
SKRO	729816.603	250741.222	982.117	Skrokkalda
SOHO	687735.808	138648.238	857.451	Sólheimahéiði
STOR	640161.627	161518.344	124.759	Stórólfsvoll
THEY	668017.167	139789.764	195.27	Þorvaldseyri
VMEY	635396.921	125293.908	135.235	Vestmannaeyjar
VOGS	567035.315	174939.317	72.981	Vogsósar

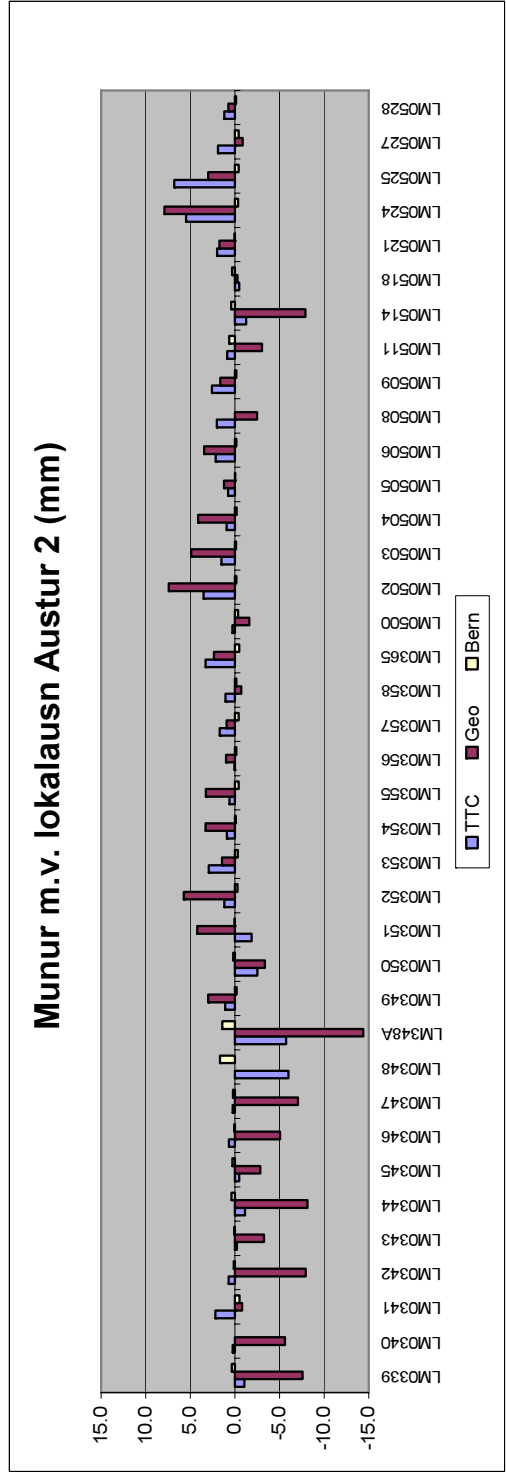
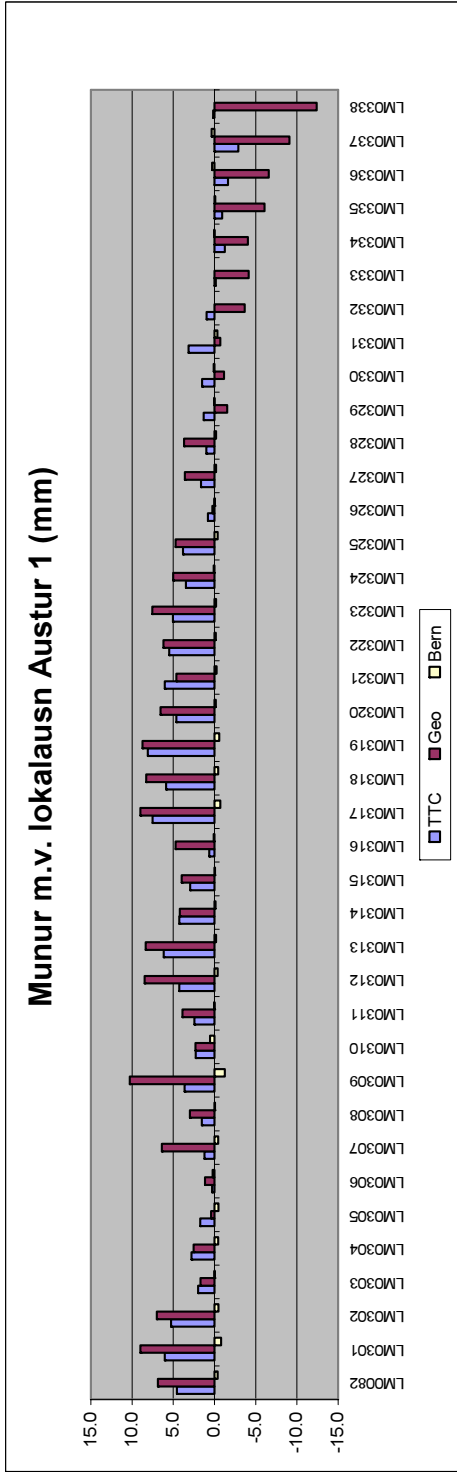
Viðmiðun ISN2004. Skurðbaugar 64°15'N og 65°45'N. Miðbaugar 65°N og 19°V.  
Fölsk miðja (700000m,300000m). Hæðir í metrum yfir sporvölu GRS80.



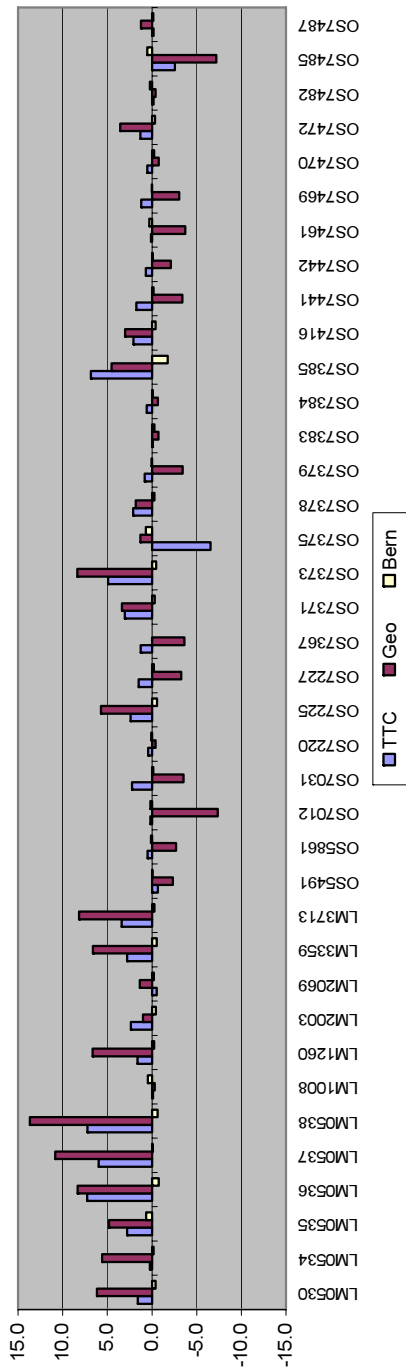
---

## Viðauki 3

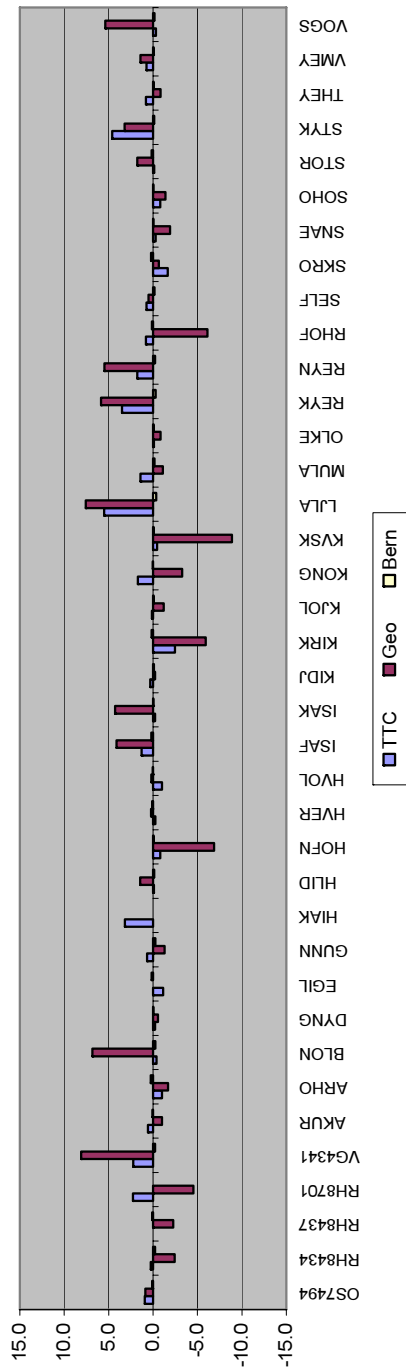
*Samanburður á mismunandi hugbúnaðarlausnum*



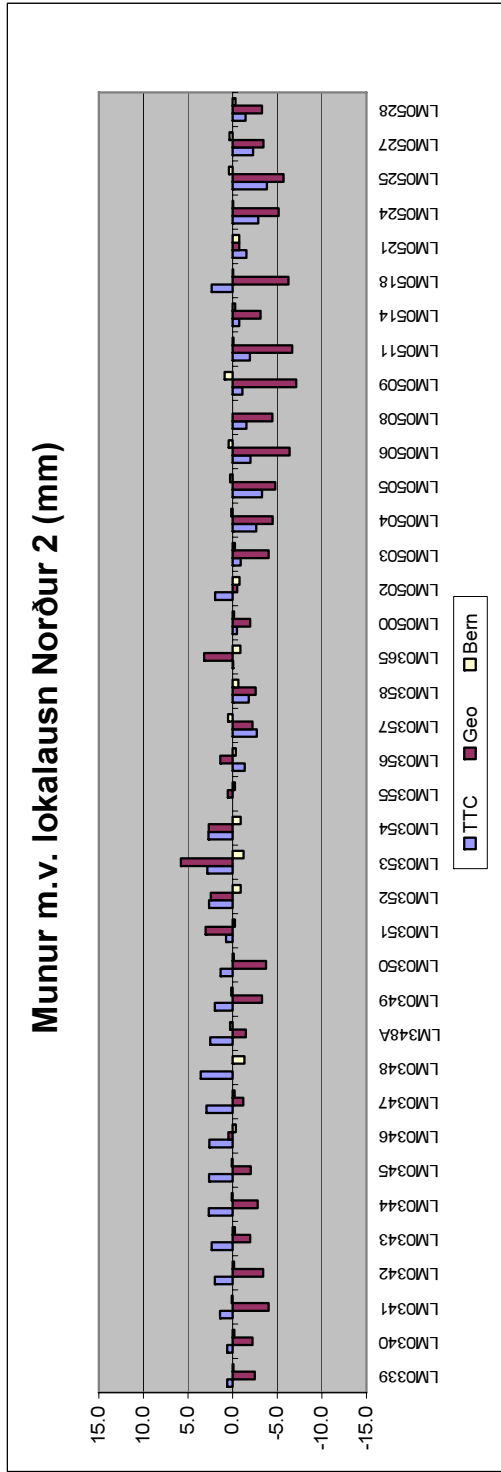
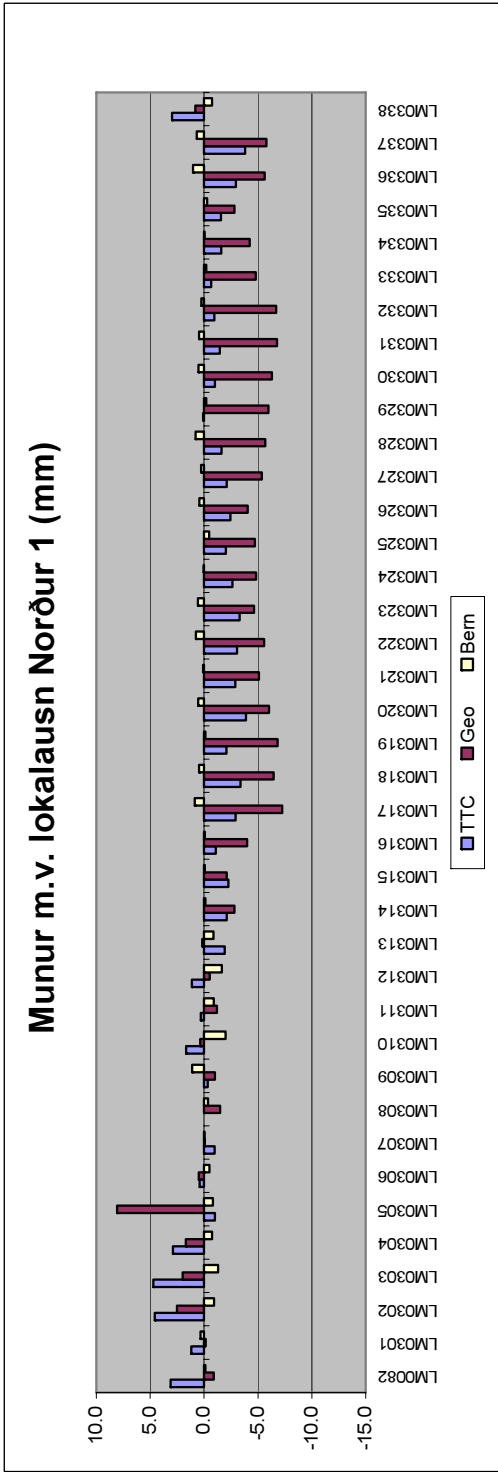
### Munur m.v. lokalausn Austur 3 (mm)



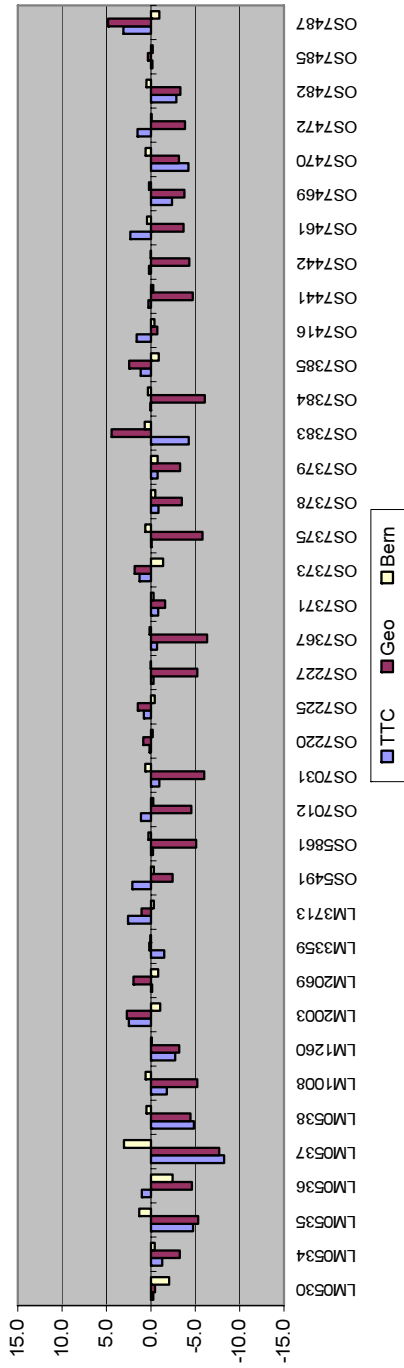
### Munur m.v. lokalausn Austur 4 (mm)



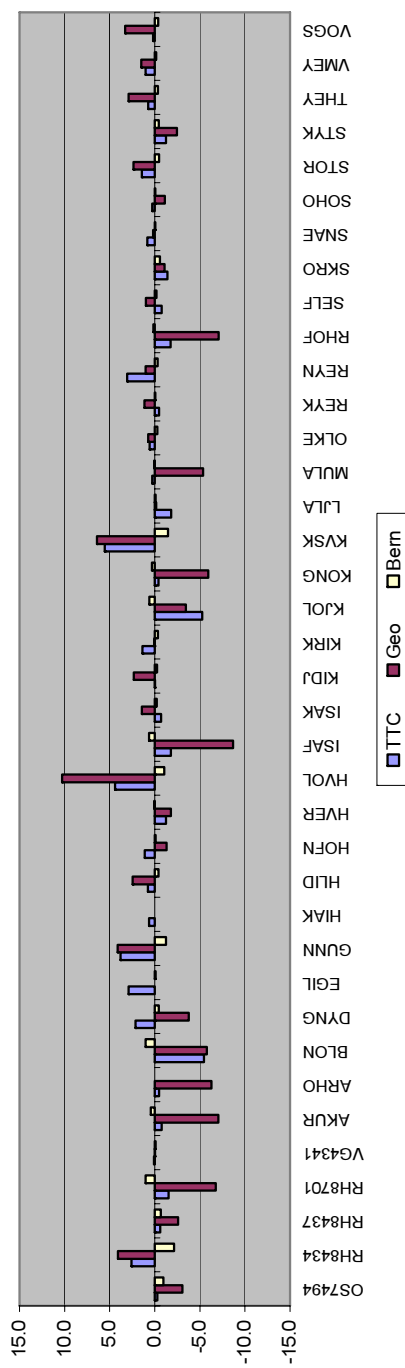




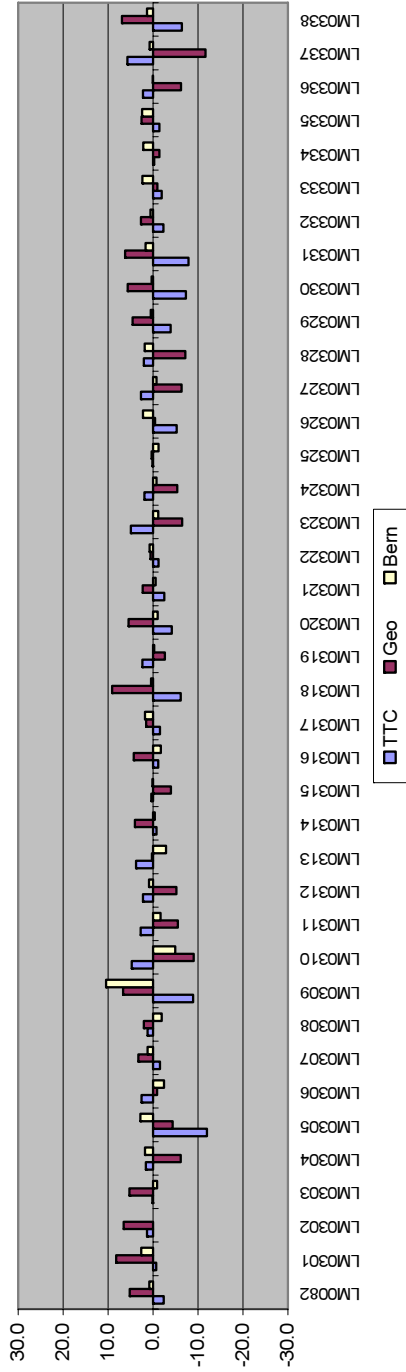
### Munur m.v. lokalaun Norður 3 (mm)



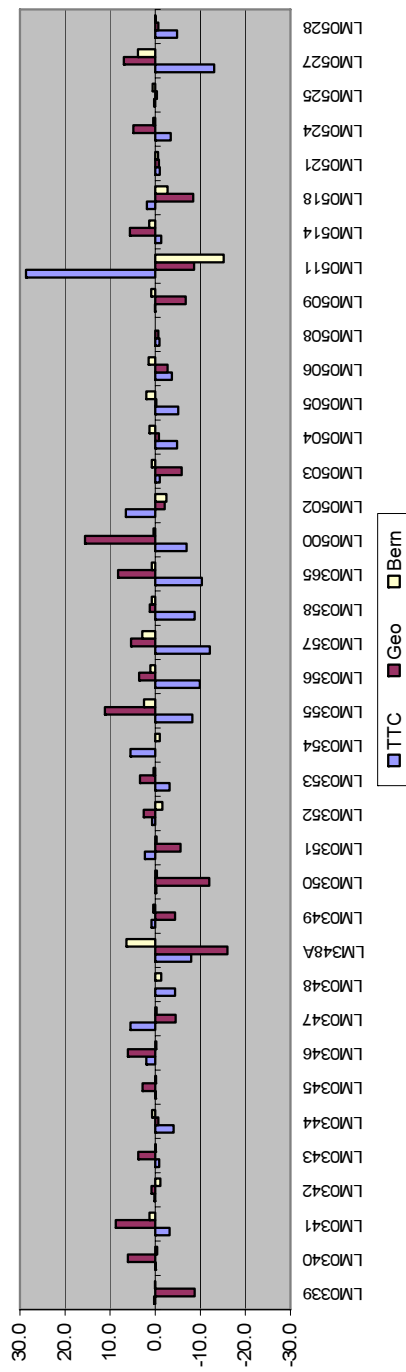
### Munur m.v. lokalaun Norður 4 (mm)



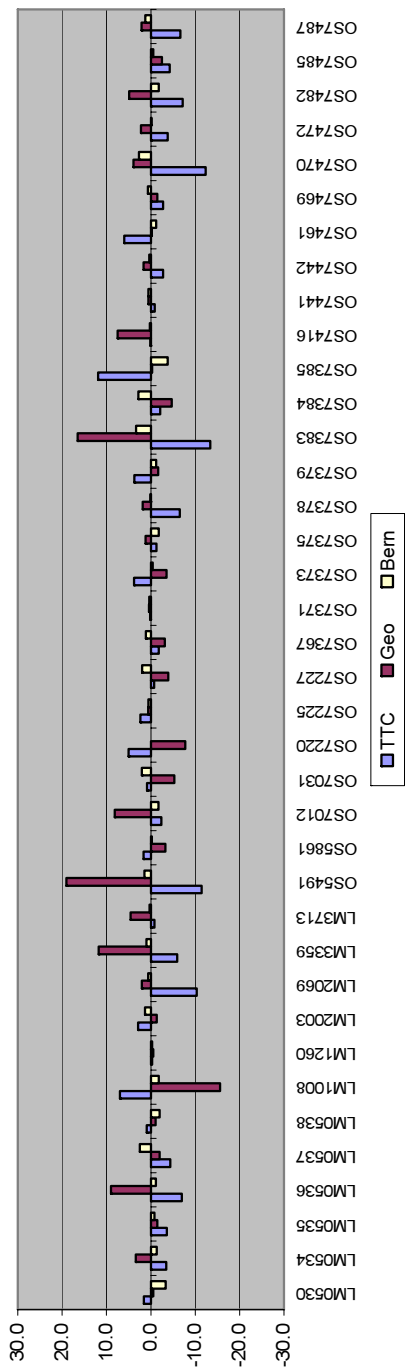
### Munur m.v. lokalausn hæð 1



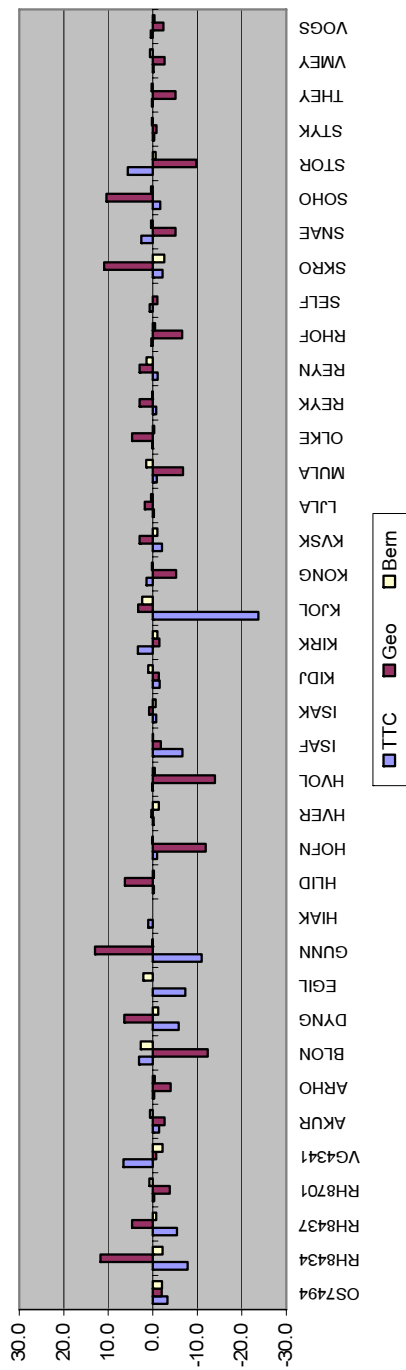
### Munur m.v. lokalausn hæð 2 (mm)



### Munur m.v. lokalausn hæð 3 (mm)



### Munur m.v. lokalausn hæð 4 (mm)



---

# Viðauki 4

## *Færslur milli ISN93 og ISN2004*

Hér í töflu 23 er að finna færslugildin sem liggja til grundvallar myndrænni framsetningu á færslum í grunnstöðvaneti frá 1993 til 2004. ISN93 hnitum hefur verið varpað yfir í viðmiðunarramma IGB00. Síðan er gengið út frá því að færsluhraðinn á REYK skv. SOPAC 2007.6 sé sá sami og á LM0082.

<b>Punktur</b>	<b>dA</b>	<b>dN</b>	<b>dh</b>	<b>Punktur</b>	<b>dA</b>	<b>dN</b>	<b>dh</b>	<b>Punktur</b>	<b>dA</b>	<b>dN</b>	<b>dh</b>
<b>LM0082</b>	-0.109	0.216	-0.027	<b>LM0339</b>	0.128	0.184	0.026	<b>LM0535</b>	-0.098	0.228	-0.020
<b>LM0301</b>	-0.088	0.193	-0.056	<b>LM0340</b>	0.132	0.176	0.025	<b>LM0536</b>	-0.097	0.226	-0.017
<b>LM0302</b>	0.023	0.220	-0.122	<b>LM0341</b>	0.124	0.198	0.053	<b>LM0537</b>	-0.101	0.236	-0.026
<b>LM0303</b>	0.093	0.212	-0.046	<b>LM0342</b>	0.138	0.194	0.089	<b>LM0538</b>	-0.105	0.229	-0.010
<b>LM0304</b>	0.080	0.182	-0.038	<b>LM0343</b>	0.127	0.186	0.051	<b>LM1260</b>	-0.107	0.220	0.003
<b>LM0305</b>	0.045	0.069	0.075	<b>LM0344</b>	0.130	0.181	0.036	<b>LM2003</b>	0.138	0.212	0.011
<b>LM0306</b>	-0.100	0.249	-0.001	<b>LM0345</b>	0.132	0.177	-0.001	<b>LM3359</b>	0.015	0.178	0.080
<b>LM0307</b>	-0.086	0.172	0.059	<b>LM0346</b>	0.138	0.182	0.061	<b>LM3713</b>	-0.102	0.204	-0.052
<b>LM0308</b>	-0.094	0.210	-0.010	<b>LM0347</b>	0.147	0.176	0.065	<b>OS5491</b>	0.124	0.195	0.111
<b>LM0309</b>	-0.116	0.238	-0.013	<b>LM0348</b>	0.146	0.168	0.130	<b>OS5861</b>	-0.040	0.263	0.087
<b>LM0310</b>	-0.112	0.211	-0.025	<b>LM348</b>	0.149	0.164	0.086	<b>OS7012</b>	0.129	0.192	0.079
<b>LM0311</b>	-0.112	0.219	-0.016	<b>LM0349</b>	0.137	0.156	0.149	<b>OS7031</b>	-0.055	0.239	0.019
<b>LM0312</b>	-0.113	0.212	-0.033	<b>LM0350</b>	0.090	0.148	0.120	<b>OS7220</b>	0.053	0.105	0.060
<b>LM0313</b>	-0.110	0.211	-0.039	<b>LM0351</b>	0.111	0.156	0.058	<b>OS7225</b>	-0.001	0.071	0.047
<b>LM0314</b>	-0.114	0.214	-0.016	<b>LM0352</b>	0.117	0.154	0.019	<b>OS7227</b>	0.096	0.184	0.079
<b>LM0315</b>	-0.108	0.223	-0.004	<b>LM0353</b>	0.105	0.161	-0.003	<b>OS7367</b>	0.096	0.168	0.019
<b>LM0316</b>	-0.113	0.222	0.014	<b>LM0354</b>	0.102	0.146	-0.003	<b>OS7371</b>	-0.112	0.222	0.000
<b>LM0317</b>	-0.113	0.220	-0.026	<b>LM0355</b>	-0.077	0.185	0.067	<b>OS7373</b>	-0.108	0.215	-0.032
<b>LM0318</b>	-0.109	0.229	-0.019	<b>LM0356</b>	-0.054	0.197	0.107	<b>OS7375</b>	0.130	0.137	0.130
<b>LM0319</b>	-0.111	0.228	0.008	<b>LM0357</b>	-0.058	0.200	0.139	<b>OS7378</b>	-0.098	0.236	0.052
<b>LM0320</b>	-0.120	0.223	-0.023	<b>LM0358</b>	-0.050	0.233	0.168	<b>OS7379</b>	-0.052	0.239	0.083
<b>LM0321</b>	-0.108	0.222	-0.036	<b>LM0500</b>	0.227	0.165	0.201	<b>OS7383</b>	-0.008	0.174	0.176
<b>LM0322</b>	-0.108	0.224	-0.010	<b>LM0502</b>	-0.111	0.221	-0.018	<b>OS7384</b>	0.140	0.169	0.112
<b>LM0323</b>	-0.107	0.221	-0.006	<b>LM0503</b>	-0.106	0.226	0.014	<b>OS7385</b>	0.108	0.173	0.066
<b>LM0324</b>	-0.105	0.219	-0.020	<b>LM0504</b>	-0.107	0.228	0.022	<b>OS7416</b>	0.102	0.187	0.063
<b>LM0325</b>	-0.101	0.229	-0.021	<b>LM0505</b>	-0.101	0.231	-0.003	<b>OS7441</b>	-0.047	0.240	0.117
<b>LM0326</b>	-0.100	0.230	0.029	<b>LM0506</b>	-0.101	0.224	-0.009	<b>OS7442</b>	0.113	0.172	0.094
<b>LM0327</b>	-0.099	0.233	0.004	<b>LM0508</b>	-0.099	0.232	0.020	<b>OS7461</b>	0.145	0.169	0.089
<b>LM0328</b>	-0.093	0.243	0.045	<b>LM0509</b>	-0.097	0.233	-0.006	<b>OS7469</b>	-0.055	0.243	0.100
<b>LM0329</b>	-0.103	0.249	0.001	<b>LM0511</b>	0.132	0.172	0.053	<b>OS7470</b>	-0.002	0.187	0.102
<b>LM0330</b>	-0.092	0.233	-0.033	<b>LM0514</b>	0.132	0.181	0.052	<b>OS7472</b>	0.110	0.200	0.076
<b>LM0331</b>	-0.006	0.223	-0.028	<b>LM0518</b>	0.138	0.181	0.121	<b>OS7482</b>	-0.077	0.201	0.075
<b>LM0332</b>	0.115	0.174	0.020	<b>LM0521</b>	-0.106	0.220	0.011	<b>OS7485</b>	0.066	0.172	0.105
<b>LM0333</b>	0.128	0.178	0.026	<b>LM0524</b>	-0.103	0.229	-0.002	<b>OS7494</b>	-0.081	0.240	0.096
<b>LM0334</b>	0.131	0.171	0.034	<b>LM0525</b>	-0.107	0.223	0.015	<b>RH8434</b>	0.083	0.222	0.075
<b>LM0335</b>	0.131	0.178	0.029	<b>LM0527</b>	-0.097	0.221	0.104	<b>RH8437</b>	0.008	0.240	0.063
<b>LM0336</b>	0.132	0.179	0.026	<b>LM0528</b>	-0.100	0.234	0.060	<b>RH8701</b>	-0.084	0.246	-0.001
<b>LM0337</b>	0.132	0.180	0.037	<b>LM0530</b>	-0.104	0.224	0.065	<b>AKUR</b>	-0.132	0.215	0.007
<b>LM0338</b>	0.131	0.181	0.024	<b>LM0534</b>	-0.114	0.222	0.006				

Tafla 23. Færslugildi mælistöðva milli 1993 og 2004.

## Viðauki 5

*Hóprmynd af mælingamönnum*



*Mynd 21. Stærstur hluti mælingamanna sem störfuðu að ISNET2004 ásamt yfirmanni í stjórnstöð.*

1. Gunnar Þorbergsson
2. Markus Rennen, Landmælingum Íslands
3. Jón Búi, Landsvirkjun
4. María Theódórsdóttir, Landsvirkjun
5. Hjördís L. Jónsdóttir, Sjomælingum
6. Gísli Karlsson, Landmælingum Íslands
7. Ingvar Matthíasson, Landmælingum Íslands
8. Oddur Kristjánsson, Reykjavíkurborg
9. Jón Erlendsson, Vegagerðin Akureyri
10. Guillaume Biessy, Jarðvísindastofnun HÍ
11. Guðmundur Jóhannsson, Síminn

19. Jón S. Erlingsson, Vegagerðin Reykjavík
20. Bjarni Bjarnason, Síminn
21. Árni Stefánsson, Landsvirkjun
22. Helgi Magnússon, Vegagerðin Reyðarfj.
23. Páll Einarsson, Jarðvísindastofnun HÍ
24. Halldór Ólafsson, Jarðvísindastofnun HÍ
25. Halldór Geirsson, Veðurstofu Íslands
26. Ásta R. Hjartardóttir, Jarðvísindast. HÍ
27. Þórarinn Sigurðsson, Landmælingum Ís.
28. Halldór V. Magnússon, Orkubúi Vestfj.
29. Oddur Jónsson, Vegagerðin Ísafirði



12. Erik Sturkell, Veðurstofu Íslands
13. Bárður Árnason, Verkfræðistofu Suðurlands
14. Sveinbjörn Sveinsson, Vegagerðin Reykjanesi
15. Guðmundur Valsson, Landmælingum Íslands
16. Björgvín Ó. Bjarnason, Vegagerðin Borgarnesi
17. Bjarki Þ. Kjartansson, Skógrækt Íslands
18. Jakob V. Sigurðsson, Verkfræðistofu Suðurl.

30. Halldór S. Hauksson, Vegagerðin Rvík
31. Ingvar Þ. Magnússon, Orkustofnun
32. Guðjón Sch. Tryggvason, Siglingast. Ís.
33. Gunnar Garðarsson, Vegagerðin Selfossi
34. Carsten Kristinsson, Landmælingum Ís.
35. Páll Gíslason, RARIK







**LANDMÆLINGAR  
ÍSLANDS**