



GNSS-mælingar á Reykjanesi 2016

Ingvar Þór Magnússon

Unnið fyrir HS Orku hf.

Greinargerð
ÍSOR–2017/999

Verk: 14-0147/14-0148
Janúar 2017

ÍSLENSKAR ORKURANNSÓKNIR

Reykjavík: Orkugarður, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík – Sími: 528 1500 – Fax: 528 1699

Akureyri: Rangárvöllum, P.O. Box 30, 602 Akureyri – Sími: 528 1500 – Fax: 528 1599

isor@isor.is – www.isor.is

1 GNSS-mælingar á Reykjanesi 2016

Dagana 31. október til 2. nóvember 2017 voru gerðar GNSS-mælingar í 11 mælistöðvum í neti á Reykjanesi. Mælingarnar voru gerðar til að fylgjast með landbreytingum á virkjunarsvæði Reykjanesvirkjunar.

Orkustofnun og síðar Íslenskar orkurannsóknir hafa áður gert landmælingar á utanverðu Reykjanesi 1999, 2004, 2008 og 2010. (Gunnar Þorbergsson og Guðmundur H. Vigfússon, 1999; Ingvar Þór Magnússon og Gunnar Þorbergsson, 2005; Ingvar Þór Magnússon, 2009, 2013, 2015).

Þrjú tæki að gerð *Trimble NetR5* og eitt er að gerð *Trimble R7* voru notuð við mælingarnar. Öll tækin eru með *Zephyr Geodetic Model 2* loftnetum frá sama framleiðanda.

Mældar loftnetshæðir, ásamt aðferð við mælingu þeirra, eru skráðar í mælibók. Loftnetshæð er færð í minni NetR5-tækjanna áður en mæling hefst en loftnetshæð við mælingu með R7-tækinu er færð við úrvinnslu mælinganna. Landmælingamerki VR144 og VR148 eru með 10–15 mm djúpri holu í miðjunni, þar er loftnetshæð miðuð við ímyndaða miðju holunnar en *ekki* við botn hennar.

Tafla 1 sýnir hvenær mælt var í hverri stöð, nafn mæliskrár og hæð loftnets eins og hún var skráð í mælibók. Mældar loftnetshæðir eru auðkenndar með *u* (uncorrected) ef mæld er skáfjarlægð eða *b* (bottom of antenna mount) ef mæld er lóðrétt loftnetshæð. Verði mæligögnin notuð aftur þarf að gera leiðréttingar eins og greint er í aftasta dálki í töflu 1. Ef mælt er lengur en einn sólarhring eru upplýsingar um það skráðar (+24) í dálk með athugasemdum.

Mynd 1 sýnir mældar og reiknaðar línur í netinu. Mælt var á 15 sekúndna fresti til gervitungla 10° eða hærra yfir sjóndeildarhring og mælitími í einstökum línunum var 2–24 stundir.

2 Úrvinnsla mælinga og landbreytingar 2014-2016

Hugbúnaður frá Trimble (*Trimble Business Center, TBC v3.51*) var notaður til að vinna úr mælingunum. Við útreikninga á rúmvigrum voru notaðar upplýsingar um brautir gervitungla sem útvarpað er frá gervitunglum (broadcast ephemeris). Aðeins voru notaðar mælingar frá tunglum sem voru hærra á lofti en 15°. Niðurstöður á útreikningum rúmvigra eru birtar í töflu 2.

Við úrvinnslu mælinganna voru einungis notaðar óháðar mælingar. Láréttum hnitum og hæð stöðvar 7077 norðaustan Sýrfells er haldið föstum frá því mælt var 2014. Samkvæmt upplýsingum með forriti TBC ber að skilja tölur um nákvæmni í fjórða og fimmta dálki í töflu 2 þannig að 95% líkur eru til að mælingar víki ekki meira frá meðaltali en þar er gefið upp.

Breidd og lengd mælistöðva og hæð þeirra yfir sporvölu er í töflu 3 en keiluhnit og hæð yfir sporvölu (auðkennd með 'e') er gefin í töflu 4.

Hnit samkvæmt mælingum í júlí–ágúst 2014 og breytingar þeirra til október–nóvember 2016 eru gefin í töflu 5. Þar er stöð VR144 syðst í Sandvík haldið óbreyttri frá mælingum á utanverðum Reykjanesskaga 2014.

Landbreytingar eru sýndar á mynd 2. Hæðarbreytingar eru þar sýndar með rauðum, lóðréttum strikum en láréttar færslur með breiðari, svörtum strikum. Hér er miðað við að stöð VR144 sunnarlega í Sandvík hafi ekki haggast frá fyrri mælingum og er stöðin auðkennd með grönnum hring um mælistaðinn. Mynd 3 sýnir með öðrum hætti sömu landbreytingar og eru sýndar á mynd 2. Hér eru láréttar hreyfingar sýndar með svörtum strikum eins og áður en hæðarbreytingar eru sýndar með jafngildislínunum í stað rauðra strika. Til að auðvelda samanburð milli ára eru landbreytingar, sem sýndar eru á myndum með þessari greinargerð, í einingunum mm/ár.

Aðeins stöð HS23 sígur (9 mm/ár) en aðrar stöðvar standa í stað eða rísa (2–8 mm/ár).

Yfirlit um landsig þriggja stöðva á Reykjanesi er gefið í töflu 6. Í fyrri hluta töflunnar er yfirlit um sig frá 1999 til 2014 og miðað við óbreytta landhæð í stöð SNH25 á Njarðvíkurheiði. Þar sést að stöð VR144, sem notuð er til viðmiðunar hér, sígur að jafnaði um 5 mm/ári frá 2004 til 2014. Í síðari hluta töflu 6 eru sýndar hæðarbreytingar HS23 og RN30 í áranna rás miðað við óbreytta hæð í VR144. Miðað við stöð VR144 frá 2014 til 2016 hefur hægt á landsigi á Reykjanesi í samanburði fyrri mælingar (2008, 2010 og 2014) og er sig í stöð HS23 9 mm/ár en var um 20 mm/ár frá 2008 til 2014.

Láréttar landhreyfingar frá 2014 til 2016 virðast vera um helmingi hægari en frá 2008 til 2014. Stefna láréttra landhreyfinga frá 2014 til 2016 er nær óbreytt frá fyrri árum utan stöðvar LM0302 og 7179 sýna nú hreyfingar til austurs í stað vesturs áður.

3 Heimildir

Gunnar Þorbergsson og Guðmundur H. Vigfússon (1999). *Fallmælingar og GPS-mælingar á utanverðum Reykjanesskaga 1999*. Orkustofnun, OS-99065, 76 s.

Ingvar Þór Magnússon (2009). *GNSS- og þyngdarmælingar á utanverðum Reykjanesskaga 2008*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/029, 60 s.

Ingvar Þór Magnússon (2013). *GNSS- og þyngdarmælingar á utanverðum Reykjanesskaga 2010*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/066, 74 s.

Ingvar Þór Magnússon (2015). *GNSS- og þyngdarmælingar á utanverðum Reykjanesskaga 2014*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/053, 82 s.

Ingvar Þór Magnússon og Gunnar Þorbergsson (2005). IV. Hluti. GPS-mælingar á utanverðum Reykjanesskaga 2004. Í Sverrir Þórhallson (ritstjóri), *Svartsengi – Reykjanes. Vinnslueftirlit og umhverfissvöktun 2004, I–VIII*, Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2005/005, 23 s.

Tafla 1: *GNSS-mælingar í október og nóvember 2016.*

Dags.	Dagur	Tími og tæki	Mæli- stöð	Mæli- skrá	Loftnets- hæð (m)	Athuga- semdir
31/10	305	1316 – 1549 T2 1324 – 1705 T1 1345 – 1818 T3 1408 – 1629 T4 1615 – 0935 T2 1654 – 0950 T4 1706 – 1014 T1 1841 – 1005 T3	7077 HS23 V148 V144 RN16 RN30 HS23 0302	70773050 HS233050 V1483050 V1443050 RN163050 RN303050 HS233051 03023050	0,983 u 0,969 u 0,834 u 0,862 u 0,988 u 0,974 u 0,969 u 0,057 b	1) 2) 1) 2)
1/11	306	0939 – 1356 T2 0954 – 1511 T4 1054 – 1456 T3 1138 – 1323 T1 1428 – 1113 T2 1549 – 1350 T3 1606 – 1035 T4	RN16 RN30 RN35 RN38 RN40 0302 7179	RN163060 RN303060 RN353060 RN383060 RN403060 03023060 71793060	0,988 u 0,974 u 0,900 u 0,883 u 0,968 u 0,057 b 0,961 u	1) 2) +24 1) 2)
2/11	307	1059 – 1434 T4 1116 – 1418 T2	HS23 RN40	HS233070 RN403070	0,969 u 0,968 u	1) 2)

1) Röng loftnetstegund, röng loftnetshæð eða röng aðferð við mælingu loftnetshæðar.

2) Stöðvarnafn rangt eða vantar.

Tafla 2: *Niðurstöður útreikninga með TBC.*

Frá stöð	Til stöðvar	Skáfjar- lægð (m)	Nákvæmni Lega	Hæð	Loftnetshæðir (m) (m)	
0302	7179	2612,896	0,001	0,004	0,057 b	0,961 u
0302	RN40	2010,587	0,001	0,003	0,057 b	0,968 u
7077	HS23	1924,215	0,001	0,003	0,983 u	0,969 u
HS23	0302	2125,083	0,001	0,003	0,969 u	0,057 b
HS23	RN30	2141,591	0,001	0,003	0,969 u	0,974 u
HS23	RN40	1169,752	0,001	0,002	0,969 u	0,968 u
HS23	V148	1316,139	0,001	0,002	0,969 u	0,834 u
RN16	HS23	2536,314	0,001	0,004	0,988 u	0,969 u
RN16	RN35	1154,828	0,001	0,002	0,988 u	0,900 u
RN30	RN35	1555,554	0,001	0,002	0,974 u	0,900 u
RN30	RN38	1082,789	0,001	0,002	0,974 u	0,883 u
RN38	RN40	2162,057	0,001	0,003	0,883 u	0,968 u
V148	RN16	2229,759	0,002	0,009	0,834 u	0,988 u
V148	V144	1638,844	0,002	0,004	0,834 u	0,862 u

Tafla 3: *Baugahnit mælistöðva 2016 og hæð yfir sporvölu.*

Stöð	Breidd	Lengd	Hæð (m) yfir sporvölu
7077	63° 50' 24,28674" N	22° 39' 01,46174" V	87,485 ^e
7179	63° 49' 08,88948" N	22° 34' 42,43473" V	79,425 ^e
HS23	63° 49' 33,24601" N	22° 40' 21,72945" V	82,816 ^e
LM0302	63° 49' 31,61694" N	22° 37' 46,39637" V	79,236 ^e
RN16	63° 49' 42,40980" N	22° 43' 26,01765" V	71,129 ^e
RN30	63° 48' 50,09205" N	22° 42' 24,06672" V	79,473 ^e
RN35	63° 49' 10,13582" N	22° 44' 08,32339" V	76,902 ^e
RN38	63° 48' 16,81458" N	22° 41' 59,76727" V	83,709 ^e
RN40	63° 48' 57,83936" N	22° 39' 51,92189" V	83,842 ^e
VR144	63° 51' 04,80549" N	22° 40' 38,09713" V	80,083 ^e
VR148	63° 50' 12,61591" N	22° 40' 57,99508" V	90,753 ^e

Tafla 4: *Keiluhnit mælistöðva 2016 og hæð yfir sporvölu.*

Stöð	Austur (m)	Norður (m)	Hæð (m) yfir sporvölu
7077	320437,843	375875,706	87,485 ^e
7179	323841,212	373342,111	79,425 ^e
HS23	319250,532	374361,220	82,816 ^e
LM0302	321368,791	374188,208	79,236 ^e
RN16	316750,797	374791,905	71,129 ^e
RN30	317501,696	373124,693	79,473 ^e
RN35	316114,157	373828,276	76,902 ^e
RN38	317773,361	372076,417	83,709 ^e
RN40	319594,039	373242,907	83,842 ^e
VR144	319191,871	377204,927	80,083 ^e
VR148	318826,306	375607,238	90,753 ^e

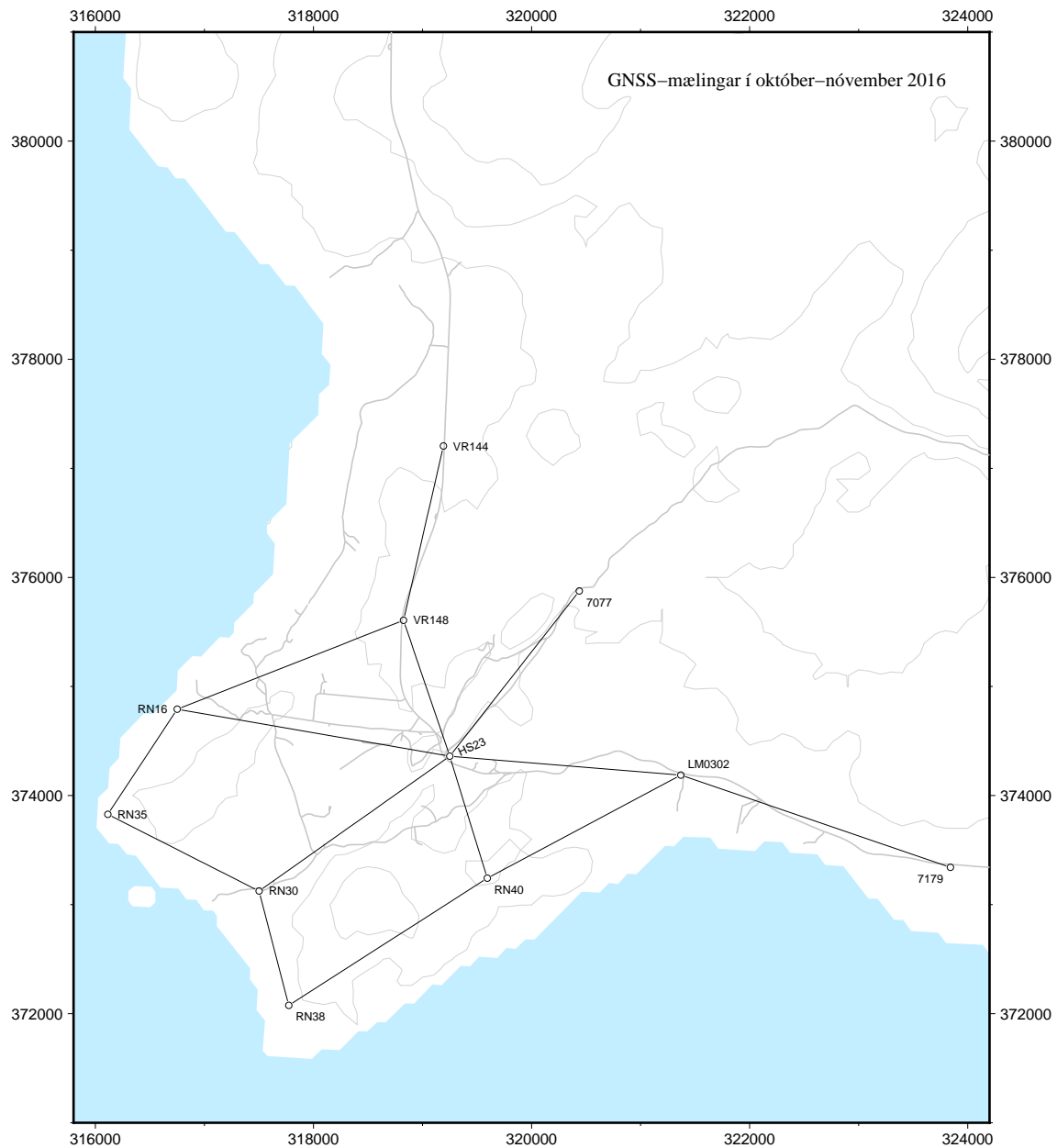
Tafla 5: Keiluhnit og hæðir 2014 og breytingar til 2016.

Stöð	Keiluhnit 2014			Breytingar til 2016		
	x-austur (m)	y-norður (m)	z-upp (m)	dx (m)	dy (m)	dz (m)
7077	320437,843	375875,706	87,485 ^e	0,001	-0,004	0,012
7179	323841,194	373342,106	79,418 ^e	0,019	0,001	0,019
HS23	319250,542	374361,234	82,849 ^e	-0,009	-0,018	-0,021
LM0302	321368,784	374188,207	79,237 ^e	0,008	-0,003	0,011
RN16	316750,790	374791,907	71,136 ^e	0,008	-0,006	0,005
RN30	317501,683	373124,680	79,486 ^e	0,014	0,009	-0,001
RN35	316114,149	373828,275	76,908 ^e	0,009	-0,003	0,006
RN38	317773,353	372076,404	83,709 ^e	0,009	0,009	0,012
RN40	319594,043	373242,892	83,849 ^e	-0,003	0,011	0,005
VR144	319191,872	377204,923	80,095 ^e	0,000	0,000	0,000
VR148	318826,306	375607,249	90,761 ^e	0,001	-0,015	0,004

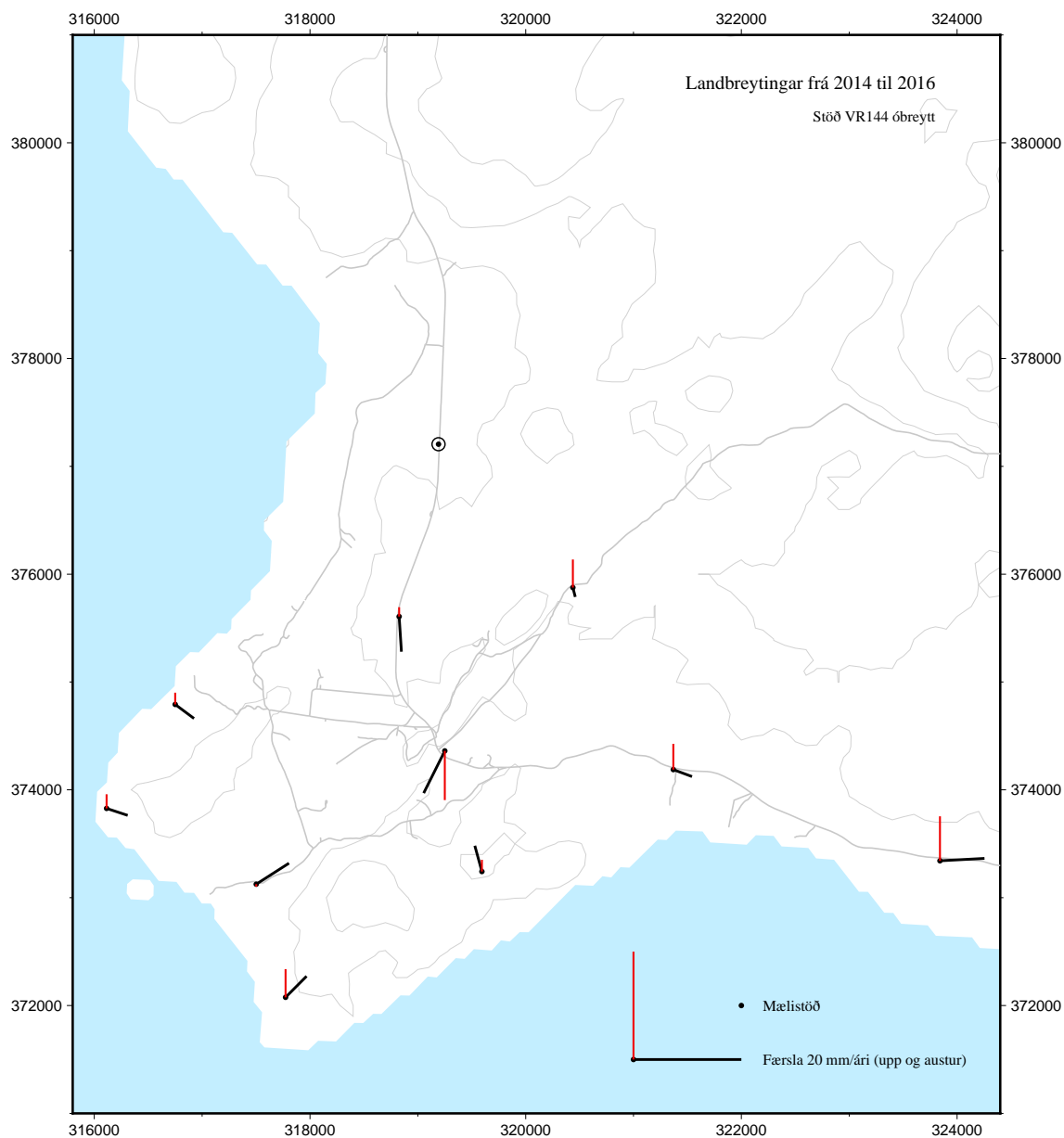
Tafla 6: Hæðarbreytingar á Reykjanesi 1999–2016.

Viðmiðunar- staður	Tímabil	Hæðarbreytingar					
		VR144	HS23 ¹⁾	RN30	VR144	HS23 ¹⁾	RN30
		(mm)			(mm/ár)		
SNH25	1999.37 – 2004.38	18	5	6	4	1	1
	2004.38 – 2008.48	-68		-107	-17		-26
	2008.48 – 2010.49	-14	-50	-32	-7	-25	-16
	2010.49 – 2014.54	-27	-109	-56	-7	-27	-14
	(samtals) 1999.37 – 2014.54	-91		-189	-5		-11
VR144	1999.37 – 2004.38		-13	-12		-3	-2
	2004.38 – 2008.48			-39			-10
	2008.48 – 2010.49		-36	-18		-18	-9
	2010.49 – 2014.54		-82	-29		-20	-7
	2014.54 – 2016.84		-21	-1		-9	0
	(samtals) 1999.37 – 2016.84			-99			-6

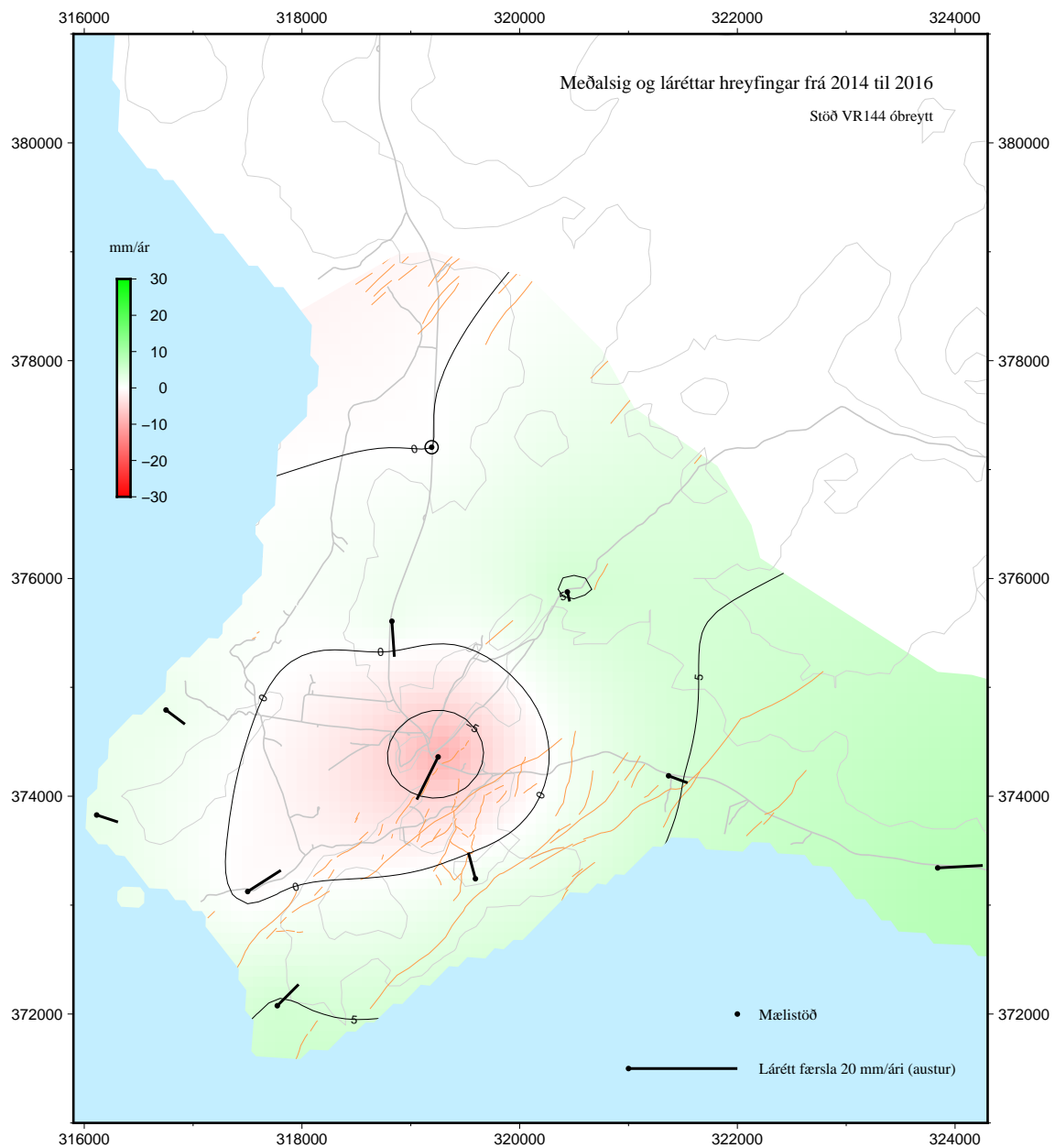
¹⁾ Hæðarbreyting frá 1999 til 2004 er mæld í stöð RN07. Hún var 45 m til VSV frá HS23.



Mynd 1: GNSS-mælingar á Reykjanesi frá 31. október til 2. nóvember 2016. Mæli-
staðir eru sýndir með hringjum en strikin sýna hvernig staðirnir eru tengdir með
mælingum.



Mynd 2: Landhreyfingar frá júlí-ágúst 2014 til október-nóvember 2016. Stöð VR144 sunnarlega í Sandvík er óbreytt milli ára og er hún auðkennd með litlum hring um mælistaðinn. Láréttar hreyfingar eru sýndar með svörtum strikum en hæðarbreytingar með grönnum, rauðum strikum.



Mynd 3: Landsig og láréttar hreyfingar frá júlí-ágúst 2014 til október-nóvember 2016. Stöð VR144 sunnarlega í Sandvík er óbreytt milli ára og er hún auðkennd með litlum hring um mælistaðinn. Láréttar hreyfingar eru sýndar með svörtum strikum en hæðarbreytingar með jafngildislínum. Helstu sprungur og misgengi á mælisvæðinu eru sýnd með rauðbrúnum lit.