

Minnisblað – Eldisstöðin Garður á Reykjanesi

Botnkóti kerja og flóðvarnargarðar



Verkkaupi: Samherji fiskeldi ehf.

Umsjónaraðili verkkaupa: Gunnar Dagur Darrason

Lokaútgáfa 8. nóvember 2022

1. Inngangur

Sem hluti af undirbúningi fyrir uppbyggingu eldisstöðvarinnar Garðs á Reykjanesi, hefur Vegagerðin að beiðni Samherja fiskeldis tekið saman upplýsingar um sjávarhæðir á Reykjanesi og mismunandi hæðarkerfi sem notuð eru við mælingar á svæðinu. Jafnframt er farið yfir fyrirbyggjandi drög að legu stöðvarinnar með tilliti til flóðahættu frá sjó.

Fyrir á Samherji fiskeldi tvær fiskeldisstöðvar á Reykjanesi, eldisstöðina Stað við Grindavík og eldisstöðina Vatnsleysu á Vatnsleysuströnd. Til samanburðar og viðmiðunar eru aðstæður við Garð bornar saman við þessar stöðvar.

Hluti Vegagerðarinnar í þessu verkefni felst í því að gera grein fyrir hæð kerja miðað við sjávarhæðir við eldisstöðvarnar. Annars vegar hefur sú hæð sem þarf að dæla sjó og/ eða vatni upp í eldiskerin töluverð áhrif á rekstrarkostnað eldisstöðva á landi og því akkur í því að þær liggja sem lægst. Hins vegar þarf að varast að eldisker og búnaður skemmist vegna sjávarflóða, bæði þar sem sjór gefur á land og einnig vegna hækkunar á grunnvatnsstöðu.

2. Mismunur á hæstu sjávarstöðum og botnhæð fiskeldiskerja

Mælingalega séð er Reykjanesið í heild sinni nokkuð flókið fyrirbrigði. Þar eru mörg hæðarkerfi í gangi bæði gömul og ný, sum eru hafnar- eða sjókerfi sem miðast við lægstu sjávarstöður á meðan önnur miðast við misvel ákvarðaða meðalsjávarhæð á ákveðnum tíma.

Á Reykjanesinu er virkt eldstöðvakerfi auk flekaskila, sem valda miklum jarðskorpuhreyfingum, bæði lóðréttum og láréttum. Þá eru þar jarðgufuvirkjanir með djúpum borholum sem tappa þrýstingi af svæðinu og valda einnig lóðréttum jarðskorpuhreyfingum.

Einnig eiga sér stað sjávarstöðubreytingar vegna hnattrænnar hlýnunar við Reykjanesið eins og annars staðar.

Vegna mikilla afstöðubreytinga lands og sjávar sem eru bæði breytilegar í tíma og rúmi er mikilvægt að öllum mælingum fylgi upplýsingar um í hvaða hæðarkerfi þær séu mældar, við hvaða fastmerki sé miðað og við hvaða hæð á fastmerkinu sé miðað.

a. Hæðarmælingar og hæðarkerfi

Samkvæmt upplýsingum frá Sævar Sigurðssyni hjá Verkfræðistofu Suðurnesja þá eru hæðarmælingar við eldisstöðina Vatnsleysu á Vatnsleysuströnd gerðar í svokölluðu Reykjavíkurkerfi, hæðarkerfi Reykjavíkur. Til að fá tenginu við sjávarhæðir eru hæðir tengdar við hafnarkerfi Reykjavíkur. Þekktur hæðarmunur milli þessara kerfa er 1,82 m, þar sem „núllið“ í Reykjavíkurkerfinu liggur hærra.

Samkvæmt Sævari þá eru hæðarmælingar á Stað við Grindavík gerðar í bæjarkerfi Grindavíkur. Mismunur þess og hæðarkerfis Grindavíkurhafnar er 1,729 m, þar sem „núllið“ í bæjarkerfinu liggur hærra.

Þá eru hæðarmælingar við Garð á Reykjanesi gerðar í svokölluðu gamla landskerfinu, eða Vegagerðarkerfinu. Mismunur þess og næsta hafnarkerfis, Sandgerðishafnar, er líkleg 2,007 m. Þarna koma að vísu til greina lægri tölur í mismun en það kemur ekki að sök því sjávarstöðusveiflur eru gróft áætlaðar. „Núllið“ í gamla landskerfinu liggur hærra en í hafnarkerfi Sandgerðishafnar.

Við Garð var notað fastmerkið VR93-149, koparbolti mældur 2003 með hæðina +23,202 m í Gamla Landshæðar-/Vegagerðarkerfinu, Mynd 1.



Mynd 1 Staðsetning hæðarpunkts VR93-149, koparbolti í klöpp á litlum hraunhól utan í langri beygju u.þ.b. 300 m frá veg að Reykjanesvíti, mældur '03.

b. Áætlaðar sjávarhæðir við eldisstöðvar

Byggt á fyrirliggjandi gögnum hefur Vegagerðin gróflega áætlað sjávarhæðir við eldisstöðvar Samherja fiskeldis á Reykjanesi. Það eru meðalstórstraumsflóðhæð, hæsta stjarnfræðilega flóðhæð og hæstu og lægstu sjávarstöður sem búast má við árlega og með um 100 ára endurkomutíma, Tafla 2.

Við endurskoðun þessa minnisblaðs var unnið úr niðurstöðum 20 ára tímaraðar úr sjávarfallalíkan sem sett var upp hjá Veðurstofunni. Valinn

var punktur rétt fyrir utan Sandgerði og unnið annars vegar úr hreinum stjarnfræðilegum sjávarföllum og hins vegar þar sem vind- og loftþrýstingsáhlaðanda var bætt við, Tafla 1.

Tafla 1 Úrvinnsla sjáfarfalla og líkindadreifing sjávarhæðar fyrir utan Sandgerði, annars vegar hrein stjarnfræðileg sjávarföll og hins vegar sjávarföll með vind- og loftþrýstings áhlaðanda. Sjávarhæðir gefnar í hafnarkerfi (HK). Byggt á sjávarfallalíkani Veðurstofunnar. Ath. að hæðarmunur hafnarkerfis og Gl. Landskerfis er 2,0 m.

Endurkomutími og stjarnfræðileg sjávarföll	Sandgerði	
	Hrein sjávarföll (m) mv. HK	M.áhlaðanda (m) mv. HK
100 ára flóð	4,24	4,82
10 ára flóð	4,16	4,60
5 ára flóð	4,14	4,54
2 ára flóð	4,12	4,46
Hæsta stjarnfræðilega flóð	4,15	
Meðal stórstraumsflóð	3,68	
Meðal smástraumsflóð	2,76	
Meðal sjávarhæð	2,02	
Meðal smástraumsfjara	1,29	
Meðal stórstraumsfjara	0,36	
Kortanúll	0,00	
Lægsta stjarnfræðilega flóð	-0,06	
2 ára fjara	-0,04	-0,11
5 ára fjara	-0,07	-0,18
10 ára fjara	-0,07	-0,21
100 ára fjara	-0,08	-0,24

Síða 3/16

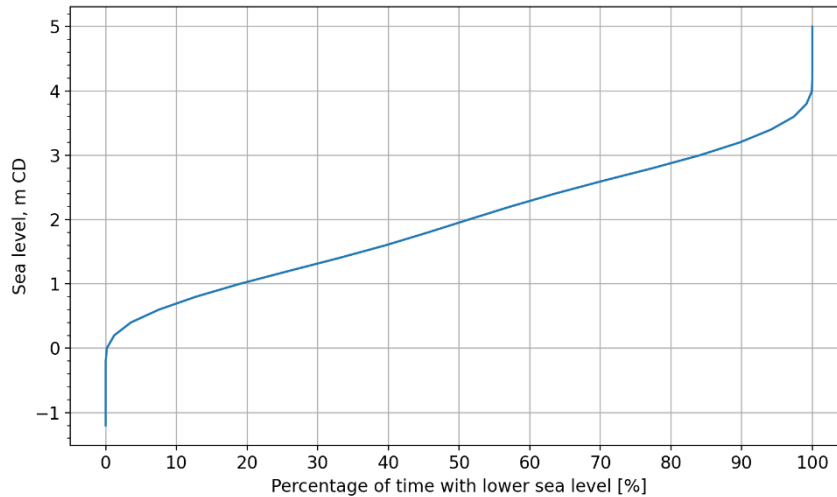
Tafla 2 Áætlaðar sjávarhæðir við eldisstöðvar Samherja fiskeldis á Reykjanesi í mismunandi hæðarkerfum.

Vegagerðin

	Hæðar mismunur kerfa	Meðal stórstraums flóð	Hæsta stjarnfræðilegt flóð	Árlegar sjávarstöðusveiflur		Sjávarstöðusveiflur m. 100ára endurkomutíma		
				Lægsta	Hæsta	Lægsta	Hæsta	
Vatnsleysa	Hafnarkerfi Rvík	0	4,0	4,6	-0,2	4,6	-0,7	5,1
	Reykjavíkurkerfi	-1,82	2,2	2,8	-2,0	2,8	-2,5	3,3
Garður á Reykjanesi	Hafnarkerfi Sandgerðis	0	3,7	4,2	-0,1	4,1	-0,3	4,8
	Gl. Landskerfið / Vegagerðarkerfi	-2,007	1,7	2,2	-2,1	2,1	-2,3	2,8
Staður við Grindavík	Hafnarkerfi Grindavíkur	0	3,7	4,2	-0,1	4,1	-0,4	4,7
	Bæjarkerfi Grindavíkur	-1,729	2,0	2,5	-1,8	2,4	-2,1	3,0

Mynd 2 sýnir tíðnigraf fyrir stjarnfræðileg sjávarföll í hafnarkerfi í punkti fyrir utan Sandgerði. Þar má lesa að um 20% af tímanum er sjávarhæð í

hafnarkerfi lægri en +1,0 m HK og að í tæplega 20% af tímanum er sjávarhæð hærri en +3,0 m. Þar sem að hæðarsetning eldiskerja og frárennslisstokks verður væntanlega í Gl. Landskerfinu þá hliðrast hæðir hér að ofan um 2,0 m, þannig að 20% af tímanum er sjávarhæð í því kerfi -1,0 m og í tæpum 20% af tímanum hærri en +1,0 m í Gl. Landskerfinu.



Síða 4/16

Mynd 2 Tíðnigraf fyrir stjarnfræðileg sjávarföll í hafnarkerfi í punkti fyrir utan Sandgerði. Tíðni gefin sem prósentur af tíma. Byggt á sjávarfallalíkani sem sett var upp hjá Væðurstofunni. Ath. að hæðarmunur hafnarkerfis og Gl. Landskerfis er 2,0 m.

c. Afstöðubreytingar lands og sjávar

Eins og segir hér frammar valda jarðskorpuhreyfingar, bæði vegna eldvirkni, fleka hreyfinga og nýtingar jarðvarma, töluverðum afstöðubreytingum lands og sjávar. Ofan á þetta bætast síðan áhrif hnattrænnar hlýnunar á sjávarhæð.

Töluverður fjöldi GPS mælistöðva er stæðsettur á Reykjanesi. Leitað var til Halldórs Geirssonar, Jarðvísindastofnun Háskólans, um upplýsingar um GPS mælingar og lóðréttar jarðskorpuhreyfingar. Kaflinn hér að neðan um GPS mælingar byggir á minnisblaði Halldórs. Halldór vekur athygli á því að GPS gögnum sem notuð eru í þessu minnisblaði hefur verið safnað í samstarfi við HS-Orku og því rétt að fá leyfi fyrir frekari dreifingu niðurstaðna. Á þessu stigi hefur Vegagerðinni ekki unnist tími til þess.

Yst á Reykjaneskaga eru tvær siritandi GNSS stöðvar: ein við Sýrfell (SYRF) og önnur við Reykjanesvíta (RVIT), Mynd 3. Meðalsighraði RVIT á tímabilinu 2015-2022 er 17.5 ± 1 mm/ári. Sighraðinn hefur verið nokkuð jafn á þessu tímabili, en þó hefur e.t.v. aðeins dregið úr sighraða síðustu ár. Við Kistuberg er einnig GPS netmælingastöð (RN16; Mynd 3), sem hefur meðalsighraða 12.9 ± 0.8 mm/ári á tímabilinu 2011 – 2020, Mynd 4.

Svæðið hefur verið rannsakað allnokkuð nýlega með InSAR tækni. Mælingarnar sýna vel hvernig GPS stöðvarnar RVIT og RN16 eru utan við hámarks sigsvæði á Reykjanesi, Mynd 5. Lóðrétt viðmið í InSAR gögnum

Vegagerðin

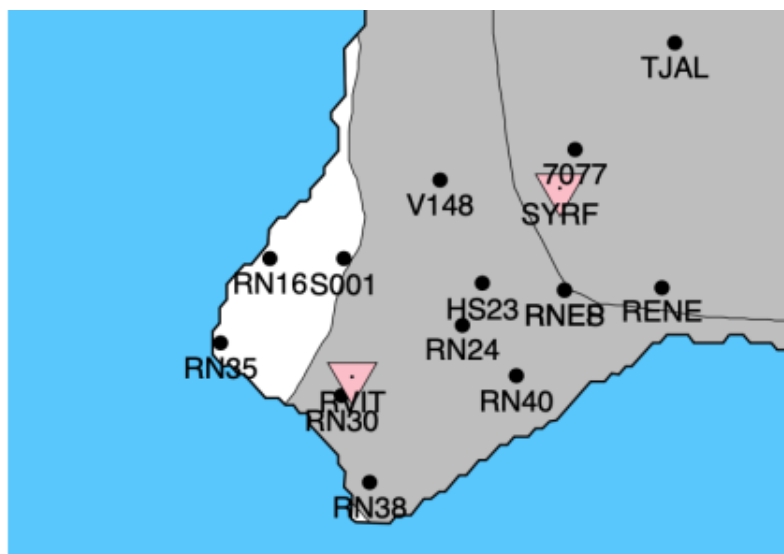
getur verið erfitt að meta, og gæta þarf þess þegar GPS gögn og InSAR gögn eru borin saman. Á Mynd 5 sést til dæmis að InSAR sýnir sig sem nemur um 6 cm á 11 árum, eða um 5.5 mm/ári. Aftur á móti nær skalinn á InSAR gögnunum upp í +5 cm á sama tímabili norðar á svæðinu, þar sem þekkt er að sigið er um eða yfir 5 mm/ári. Því virðist InSAR gögnunum í heild bera saman við GPS mælingar um að sig við Kistuberg sé nálægt 12-14 mm/ári.

Það sem helst vekur athygli á Mynd 5 er breytileikinn á landsiginu. Undir virkjuninni er sigradinn um 25 mm/ári en ef farið er aðeins um einn kílómetra frá virkjuninni hefur sigradinn minnkað niður í um 10 til 15 mm/ári.

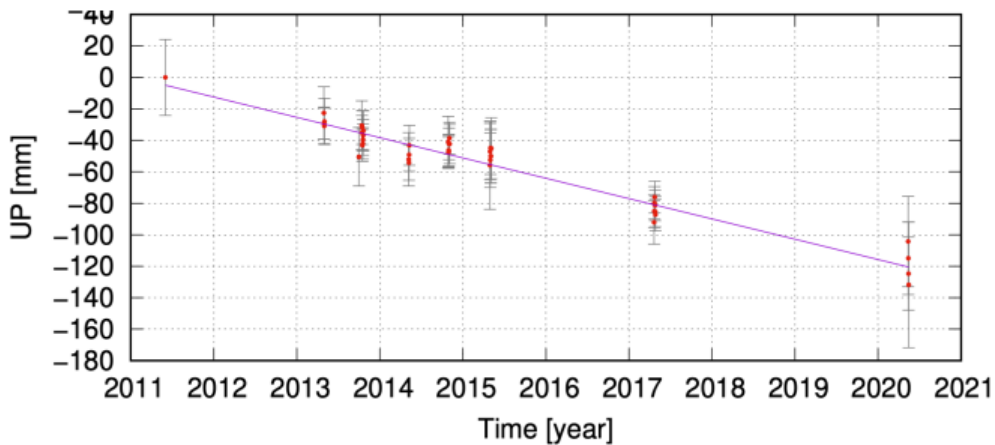
Lóð fiskeldisstöðvarinnar á Garði liggur mjög nálægt og norðaustan við GPS mælistöðina við Kistuberg. Mynd 5 sýnir að lóðrétt hreyfing á lóðinni er sú sama og við Kistuber. Því er hér gengið út frá því að landsig á lóðinni nemi 13 mm/ári.

Við endurskoðun minnisblaðsins lágu fyrir nýjar upplýsingar frá InSAR gervihnattamælingum á tímabilinu 2016 til 2020. Þær benda til þess að landsigið sé heldur minna eða á bilinu 5 til 8 mm á ári. Þetta mælitímabil nær ekki yfir tímabil jarðhræringa og eldgosa á Reykjanesi sem byrjaði snemma árið 2021. Til að gæta öryggis við mat á landsigi á lífitíma mannvirkja á Garði er lagt til að nota matið hér að ofan sem nemur 13 mm/ári.

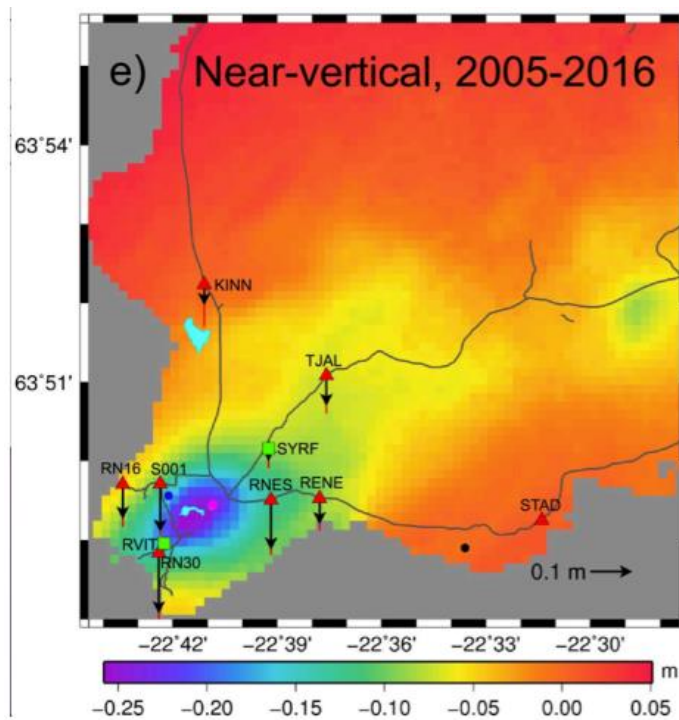
Að sama skapi hefur Halldór Geirsson metið langtíma-sjávarstöðubreytingar í Grindavíkurhöfn sem 9 mm/ári. Gróflega áætlað er meðalsigradinn á Vatnsleysuströnd metinn 3 mm/ári.



Mynd 3 GPS/GNSS stöðvar á Reykjanesi. Bleikir þríhyrningar tákna siritandi stöðvar og svartir punktar netmælistöðvar.



Mynd 4 Tímaröð lóðréttra hreyfinga á RN16, í hnattrænu viðmiðunarkerfi (ITRF2014)



Síða 6/16

Vegagerðin

Mynd 5 Meðalfærslur í lóðrétta stefnu á tímabilinu 2005-2016. Staðsetningar GPS stöðva eru sýndar, og sést m.a. hvernig stöðvarnar eru allar utan þess svæðis sem hefur mest sig.

Byggt á skýrslu íslensku vísindanefndarinnar um loftslagsbreytingar frá 2018 sem aftur byggir á IPCC skýrslu Sameinuðu þjóðanna frá 2013 hefur meðalrithraði sjávar vegna hnattrænnar hlýnunar verið metinn út frá sviðsmynd sem gerir ráð fyrir 1,0 m sjávarborðshækkun til aldamóta og að 34% hennar komi fram við Reykjanes að viðbættum 0,35 m varúðarmörkum. $[(1,0 \cdot 0,34 + 0,35) / 78 = 0,009]$. Þessar niðurstöður byggðu á að töluverður hluti hnattrænnar hækkunar sjávarborðs stafi frá bráðnun Grænlandsjökuls en að mun minni hluta af bráðnun Suðurskautslandsins.

Frá því að frumútgáfa þessa minnisblaðs var gefin út í febrúar s.l. hefur ný skýrsla IPCC verið kynnt, IPCC 2021. Þar kemur fram að ekki er hægt að

útiloka meiri hnattræna hækkun sjávarstöðu en áður var talið líklegt. Í framhaldi af því hefur Vegagerðin breytt viðmiðunum sínum varðandi lágmarkslandhæð á lágsvæðum við sjó. Í stað 0,35 m varúðarmarkna til aldamóta er nú miðað við 0,75 m til næstu 100 ára. Samkvæmt þessu verður árleg hækkun sjávarstöðu við Garð $(1*0,34+0,75)/100=0,011$ m.

Tafla 3 sýnir afstöðubreytingar lands og sjávar vegna jarðskorpuhreyfinga og hnattrænnar hlýnunar miðað við líftíma eldisstöðvanna þriggja. Hér er miðað við 50 ára líftíma. Þar kemur fram að við Garð má búast við að afstaða lands og sjávar breytist um 1,20 m, um 1,00 m við Stað og um 0,70 m á Vatnsleysu.

Tafla 3 Afstöðubreyting lands og sjávar vegna jarðskorpuhreyfinga og hnattrænnar hlýnunar á líftíma mannvirkja á fiskeldisstöðvunum þremur.

	Meðal sigræði / hækkun sjávarstöðu	Líftími mannvirkis (ár)	Sig / hækkun (m/ári)	Sig á líftíma mannvirkis (m)
Vatnsleysa	v. jarðskorpuhreyfinga	50	0,003	0,15
	v. hnattrænnar hlýnunar	50	0,011	0,55
				0,70
Garður á Reykjanesi	v. jarðskorpuhreyfinga	50	0,013	0,65
	v. hnattrænnar hlýnunar	50	0,011	0,55
				1,20
Staður við Grindavík	v. jarðskorpuhreyfinga	50	0,009	0,45
	v. hnattrænnar hlýnunar	50	0,011	0,55
				1,00

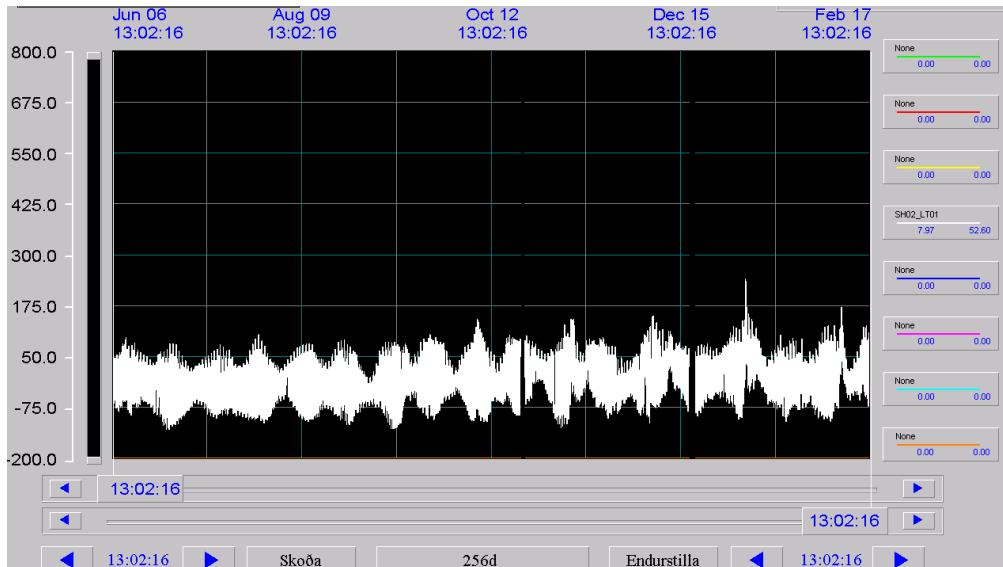
Síða 7/16

d. Vatnshæðarmælingar í borholum á Stað

Mynd 6 sýnir vatnshæðarmælingu úr borholu SH02 á Stað við Grindavík frá því að mælirinn var settur upp í júní 2021 til febrúar 2022. Þar kemur fram að hæsta mælingin er frá 6. janúar 2022 í um +2,4 m í bæjarkerfi Grindavíkur. Reyndar er sú mæling töluvert hærri en næst hæsta mæling sem er 7. febrúar 2022 sem var um +1,75 m.

Þó að mælingin nái ekki yfir langan tíma, aðeins 9 mánuði, þá eru allar líkur á að endurkomutími þessarar vatnshæðar sé allavega nokkur ár. Tafla 2 hér að framan gefur hins vegar að sjávarhæð +2,4 geti komið á árs fresti sem er líklega ofmat á hættu á hárri sjávarstöðu. Gagnvart öryggi stöðvarinnar fyrir hárri vatnsstöðu þá er matið í töflu 1 á öruggu hliðinni. Því látum við það mat standa.

Vegagerðin



Mynd 6 Vatnshæðarmælingar úr borholu SH02 á Stað við Grindavík frá 6. júní 2021 til 17. febrúar 2022.

Síða 8/16

e. Mismunur á hæð kerjabotns og hæstu sjávarstöðu

Tafla 4 sýnir mismun á uppgefinni hæð kerjabotns í fiskeldisstöðvum á Reykjanesi og hæstu sjávarstöðum, árlegri, með 100 ára endurkomutíma og sigi á líftíma mannvirkja. Varðandi hæð kerja á Garði þá er hér um að ræða tillögu að hæð frá byrjun árs 2022.

Samkvæmt upplýsingum frá Samherja fiskeldi þá miðast uppgefin hæð á kerjabotni við kerjaveggi í botni. Miðja kerja getur verið um 0,5 til 0,75 m neðar.

Í töflunni kemur fram að í Vatnsleysu flæðir árlega 0,4 m upp á kerjaveggina og inn í þau ef þau eru tóm og botnloka opin. Á 100 ára fresti flæðir um 0,9 m upp á kerjaveggina og um 1,2 m ef tekið er tillit til sigs á líftíma mannvirkja.

Miðað við fyrirhugaða kerjahæð á Garði á Reykjanesi er árleg flóðhæð um 0,9 m neðan við kerjabotn, um 0,4 m ofan við kerjabotn miðað við hæstu sjávarstöðu á 100 ára fresti en ef tekið er tillit til sigs á líftíma mannvirkja þá flæðir um 0,25 m upp á kerjaveggi.

Á stað við Grindavík eru sambærilegar tölur þær að við hæstu árlegu sjávarstöðu þá eru um 1,9 m upp í kerjabotn, um 1,3 m miðað við sjávarstöðu með 100 ára endurkomutíma og um 0,75 m þegar tekið hefur verið tillit til sigs á líftíma mannvirkja.

Tafla 4 Mismunur á hæð kerjabotns og hæstu sjávarstöðum, einu sinni á ári, með 100 ára endurkomutíma og með 100 ára endurkomutíma auk sigs á líftíma mannvirkja. Þessi tafla byggðist á upplýsingum um hæð á kerjabotni fengnum við gerð frumútgáfu þessa minnisblaðs.

		Mismunur á hæð kerjabotns og hæstu sjávarstöðu*			
		Hæð á kerjabotni	Á ári	Á 100 árum	Á 100 árum + sig á líftíma
Vatnsleysa	Hafnarkerfi Rvík Reykjavíkurkerfi	2,40	-0,4	-0,9	-1,23
Garður á Reykjanesi	Hafnarkerfi Sndg Gl. Landskerfið	3,29	0,9	0,4	-0,25
Staður við Grindavík	Hafnarkerfi Grnv Bæjarkerfið Grnv	4,29	1,9	1,3	0,75

Síða 9/16

Niðurstaða þessarar skoðunar er sú að aðstæður í þessum þremur fiskeldisstöðvum eru mjög mismunandi hvað hæstu sjávarstöður varðar. Á Vatnsleysu flæðir árlega upp á ker eða inn í þau ef þau eru tóm og botnloka opin, en á Stað eru hæstu sjávarstöður töluvert neðan við kerjabotn, jafnvel með háum endurkomutíma og áætluðu sigi á líftíma mannvirkja.

Þó að það sé ekki verkefni Vegagerðarinnar þá má spyrja sig að því hvort lækka megi fyrirhugaða hæð kerja í fiskeldisstöðinni á Garði, að minnsta kosti ef hugað er að því að það megi renna inn í kerin ef þau eru tóm.

Jafnframt má spyrja sig að því hvort að við mögulega stækkun stöðvarinnar á Stað megi lækka kerin.

Við endurskoðun á minnisblaðinu var tekið mið að upplýsingum um hæðartap í rennsli frá kerjum og hæð kerja byggt á minnisblaði frá Antoni Erni Brynjarssyni dagsett 28-10-2022. Tafla 5 sýnir þessar upplýsingar settar fram miðað við sjávarstöðu með 100 ára endurkomutíma nú og í lok líftíma mannvirkja, auk viðmiðunar við sjávarföll nú. Þessari framsetningu er ætlað að auðvelda endanlega ákvörðun á hæð kerfa og sjá hver afstaða kerja er þá miðað við breytilegar sjávarhæðir. Sjávarföll við lok líftíma mannvirkja verður um 1,2 m hærri en sjávarföll í dag eins og þau eru sýnd á bláu reytum töflunnar.

Miðað við þá hæðarsetningu sem gengið er út frá í töflunni þá verður mismunur á hæstu sjávarstöðu í ár 2022, þ.e. sjávarstaða með 100 ára endurkomutíma, og botnhæðar kerjanna 1,55 m (2,80-1,25 m). Við lok líftíma mannvirkja verður þessi munur mun meiri eða 2,75 m (4,00-1,25 m).

Vegagerðin

Tafla 5 *Söðun á hæð kerja miðað við hæstu sjávarstöður nú og í lok líftíma mannvirkis auk viðmiðunar við sjávarföll nú. Allar hæðir í Gl.landshæðakerfi.*

	Hæðarmur (m)	Kótar í Gl.lands- hæðarkerfi (m)	Hæðarmunur (m)	
Vatnshæð í kerjum		+7,40	+7,40	Vatnshæð í kerjum
Ker rennlistap röra	1,10			
Dauðfiskaskilja-teleskóp	0,30			
Safnrör-dauðfiskaskilja	0,40			
Hæðartap í safnröri	0,30			
Hreinsun-filter safnrör frárennslis	0,40			
Hreinsun-frárennslisstokkur-filter	0,20			
Endi frárennslisstokks		+4,70		
Rennlistap í frárennslisstokki	0,50			
Tap við útrás	0,20			
Sjávarstaða 2072 m. 100 ára endurkomutíma		+4,00		
Hækkun vegna hnattrænnar hlýnunar	0,55			
Jarðskorpuhreyfingar á 50 ára líftíma	0,65			
Sjávarstaða 2022 m. 100 ára endurkomutíma		+2,80	5,40	Hæð kerjaveggja
Stjarnfræðileg sjávarföll 2022			+2,00	Kerjabotn við vegg
Meðal stórstraumsflóð		+1,70	0,75	Halli inn til miðju kers
			+1,25	Kerjabotn í miðju kerri
Lægri sjávarstaða 80% af tímanum		+1,00		
Meðal sjávarhæð		+0,00		
Hærri sjávarstaða 20% af tímanum		-1,00		
Meðal stórstraumsfjara		-2,40		

3. Hætta á flóðum og flóðvarnargarðar við Garð á Reykjanesi

Vegagerði fékk hæðargunn af fiskeldislóðinni við Garð frá Samherja fiskeldi. Mælingin er gerð af Verkfræðistofu Suðurnesja og er sett út í hæðarkerfi sem kallað er Gamla landshæðarkerfið eða Vegagerðarkerfið.

Þá fékk Vegagerðin grunnmynd af fiskeldisstöðinni frá Samherja fiskeldi. Sú teikning var að vísu ekki í hnitum en reynt var eftir bestu getu að setja saman grunnmynd fiskeldisstöðvarinnar og hæðargrunn af svæðinu, sjá teikningu í viðauka I.

Þar hafa nokkrar hæðarlínur verið litaðar á svæðinu umhverfis, aðallega sjávarmegin við fiskeldisstöðina. Neðsta litaða hæðarlínan er rauð í +3,0 m, síðan appelsínugul í +4,0 m, þá gul í +5,0 m, græn í +6,0 m og að lokum blá í +7,0 m.

a. Hæð sjóvarnargarða, sjávarkambar og náttúrleg flóðmörk

Sjóvarnir eru annars vegar byggðar til að stöðva landbrot og hins vegar til að varna því að sjór gefi á land. Á vestan- og sunnanverðu Reykjanesi er sjóvarnir mest byggðar til að stöðva landbrot en næst byggðarkjörnum er þó litið að einhverju leiti til þess að takmarka ágjöf á land og eru þar hærri.

Tafla 6 sýnir hæðir sjóvarna á svæðinu frá Garðskaga austur fyrir Grindavík bæði í hafnarkerfum og í Gamla Landskerfinu.

Á vestanverðu Reykjanesi eru sjóvarnir til að hindra landbrot í hæðinni +4,5 til +5,5 m þar sem verið er að hindra landbrot en í um +6,0 m þar sem tekið er tillit til ágjafar. Á sunnanverðu Reykjanesi og við Grindavík eru sjóvarnir hærra eða í um +5,7 til +7,2 m, hæsta sjövrnin til að koma í veg fyrir ágjöf.

Tafla 6 Hæð sjóvarnargarða á svæðinu frá Garðskaga austur fyrir Grindavík, annars vegar í næsta hafnarkerfi og hins vegar í Gl. Landskerfinu.

Staður	Byggingar- ár	Hæð	
		Hafnarkerfi	Gl. Landskerfið
Garðskagi	2003	+7,5 m	+5,5 m
Lambarif norðan Sandgerðis	2006	+7,5 m	+5,5 m
Flankastaðir norðan Sandgerðis	2006	+7,0 m	+5,0 m
Sandgerði við Norðurkotstjórn		+6,5 m	+4,5 m
Sangerði við Setberg		+7,5 m	+5,5 m
Norðurkot-Fuglastaðir, sunnan Sandgerðis	2006	+6,5 m	+4,5 m
Bursthús sunnan við Sandgerði		+7,0 m	+5,0 m
Stafnes - Bali, sunnan Sandgerðis	2006	+6,5 m	+4,5 m
Hafnir, næst höfn		+7,0 m	+5,0 m
Hafnir, sunnar		+8,0 m	+6,0 m
Grindavík 1990, B4759-60	1990	+9,0 m	+7,2 m
Grindavík 1990, B4759-60	1990	+8,5 m	+6,7 m
Grindavík 1990, B4759-60	1990	+8,0 m	+6,2 m
Buðlunga austan Grindavíkur		+7,5 m	+5,7 m

Síða 11/16

Náttúrulegur sjávarkambur við útrás fiskeldisstöðvarinnar á Stað við Grindavík mældur +8,5 m í hafnarkerfi Grindavíkur, eða í um +6,7 m í Gamla Landshæðarkerfinu.

Í aftökum gefur yfir sjávarkambinn á Stað. Að sögn Hjalta Bogasonar, stöðvarstjóra, þá hefur slíkt gerst þrisvar sinnum frá því að hann kom til starfa á svæðinu, þ.e. 14. febrúar 2020, 6. janúar og 7. febrúar 2021. Á loftmynd má sjá merki um flóðhæðina í þessum veðrum, svokallaða rekaviðarlínu, sjá mynd í viðauka III. Hún mælist í hæðinni +4,75 m í Gamla Landskerfinu.

Hér Til að skilja samhengi þessa tveggja, þ.e. sjávarkambur með hæðina +6,7 m og flóðmörk inni á landi með hæðina +4,75 m.

Við Básenda sunnan við Stafnes mældist í júní 2016 þaralína sem merki um það hve hátt sjór gekk á land í um +5,0 m í hafnarkerfi Sandgerðis eða í um +3,0 m í Gamla Landshæðakerfinu. Ekki er víst hvort þessi þaralína var eftir mikil aftök eða ekki.

Vegagerðin

b. Hæð flóðvarnargarða við fiskeldisstöðina á Garði

Samkvæmt upplýsingum hér að ofan leggur Vegagerðin til að sjóvarnargarðar til að verja fiskeldisstöðina fyrir sjávarflóði verði ekki byggð nær flóðborði en um 50 til 100 m með lágmarks hæð í um +7,5 til +8,0 m í Gamla Landshæðarkerfinu.

Þá er tekið tillit til óvissu vegna ölduáhlaðanda.

Til að ná því fram að um 50 til 100 m séu frá flóðborði inn að fiskeldisstöðinni leggur Vegagerðin til að grunnmynd stöðvarinnar verði snúið um u.þ.b. 8,5° réttisælis um suðvestur horn lóðar, eins og sýnt er á mynd í viðauka II

4. Viðauki I Grunnmynd af fiskeldisstöðinni á Garði og hæðargrunnur

Hæðarlínur:
7m
6m
5m
4m
3m

Vegur inn á lóð

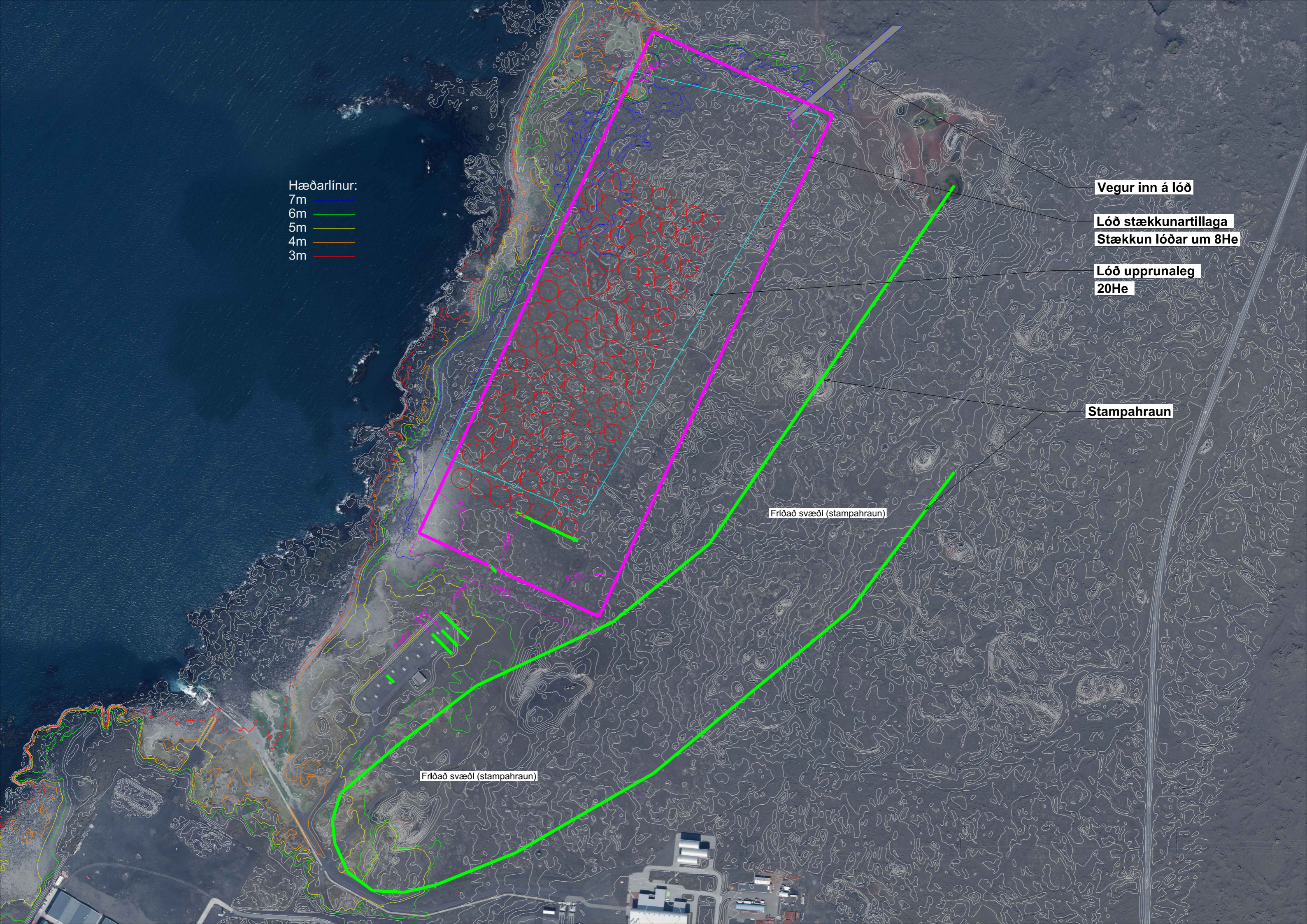
Lóð stækkunartillaga
Stækkun lóðar um 8He

Lóð upprunaleg
20He

Stampahraun

Friðað svæði (stampahraun)

Friðað svæði (stampahraun)



5. Viðauki II Grunnmynd af fiskeldisstöðinni snúið um 8,5°

Síða 14/16

Vegagerðin

Hæðarlínur:
7m
6m
5m
4m
3m

Vegur inn á lóð

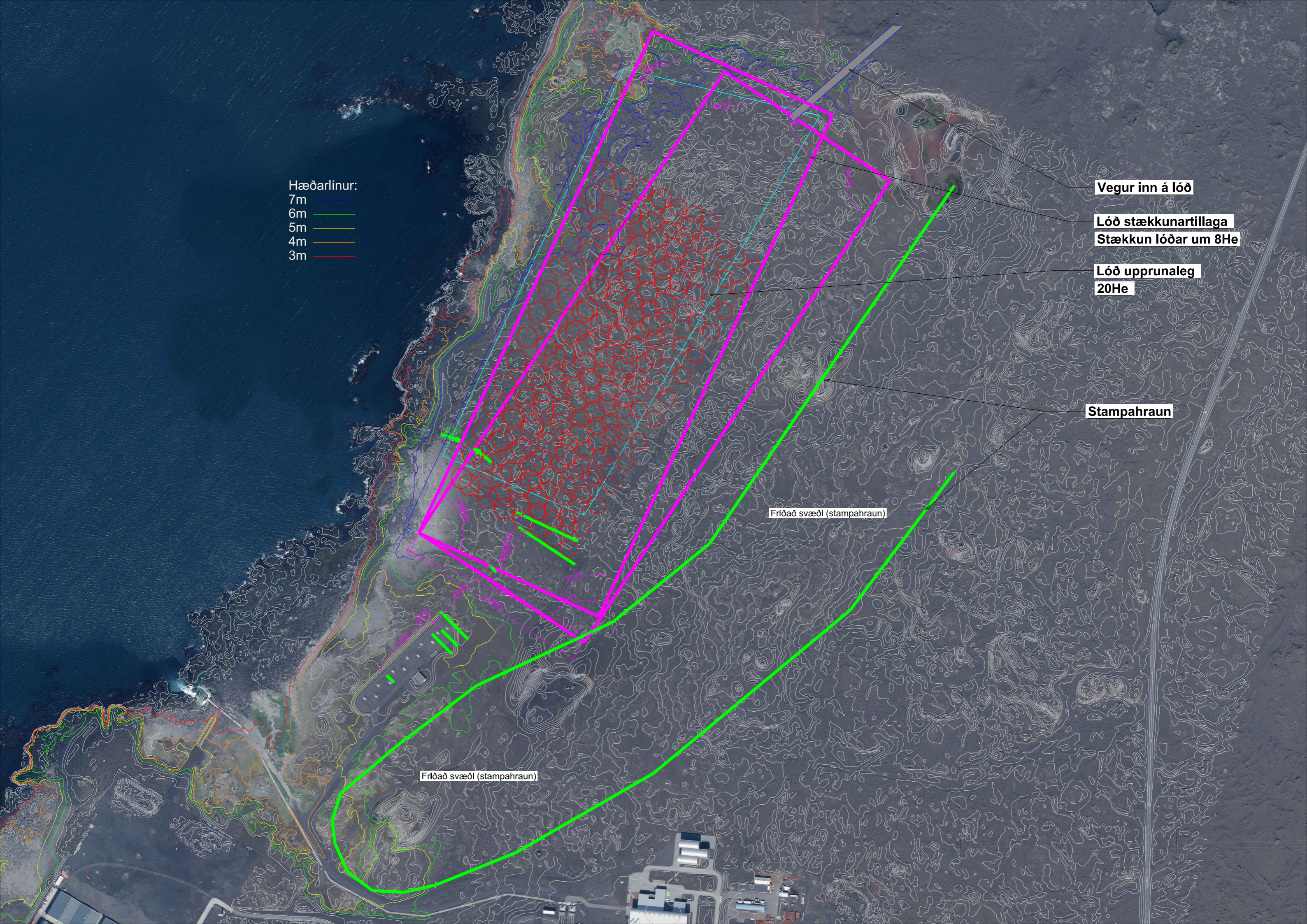
Lóð stækkunartillaga
Stækkun lóðar um 8He

Lóð upprunaleg
20He

Stampahraun

Friðað svæði (stampahraun)

Friðað svæði (stampahraun)



6. Viðauki III Hæðarmælingar við fiskeldistöðina á Stað við Grindavík frá Verkfræðistofu Suðurnesja, 2015

Hæðapunktur á Stað		
Punktur nr.	Staðsetning	Hæð í m
1	Klöpp við súrefnistank við seiðaelði	10,63
2	Steypukantur á brunni við Millistöð	8,67
3	Á brún á kerfi M-4 í Millistöð	10,70
4	Jarðhæð við miðlunartank við Millistöð	9,64
5	Á brún á kerfi H-2 í Hreiðri	8,29
6	Á steypuklump á Lúðuholu	6,11
7	Á brunnbrún á Sjóbrunni	5,94
8	Á mælistand ofan við rafstöðvarhús	9,17
9	Á brunnbrún í Gjá neðan við Hof	2,89
10	Á kerbrún á F-3	11,35
11	Á mitt lok á innrennissstokki	11,88
12	Á lok á frárennissstokki við kar F-4	10,47
13	Á frárennissstokk við hæðarskil	9,70
14	Á samskeytabrún frárennissstokks til sjávar	7,96
15	Á samskeytabrún frárennissstokks	7,92
16	Á klöpp Austan við Fleka	5,30
17	Á steipt dekk N-við þak yfir Lambagjá	11,17
18	Á steipta stétt við inngöngudyr í spennistöð við hitaholu	33,22
19	Gólf í Seiðahúsi	11,00
20	Við enda skurðar í túni neðan við Seiðaelði	3,33
21	Á brunnkant á frárennli frárennli frá millistöð og Hreiðri	5,69
22	Á steiptan kant við sjóholu	5,63
23	Botn S-verðu í frárennissstokk á Fleka	8,27
24	Botn N-verðu í frárennissstokk á Fleka	8,27
25	Botn V-enda frárennissstokks á Fleka	8,23
26	Botn í prufuholu V-við fleka	6,71
27	Yfirborð jarðvegs við stöng V-við Fleka	8,49
28	Botn steiptum frárennissstokk til sjávar (E-brún sjá punkt 14)	6,74
29	Botn Steiptum frárennissstokks til sjávar	6,54
30	Botn á plastlögn við sjógarð	3,73
31	Botn á steiptum stokki við sjó	2,36
32	Botn á steiptum stokki ofan við sjógarð (Frárennli frá Hafró , Millistöð)	1,75
33	Botn á steiptum brunni (Frárennli frá Hafró , Millistöð)	2,30
34	Rekaviður vestan Fleka (efstu merki um stórstraumsflæði)	4,75



7. Viðauki IV Minnisblað Halldórs Geirssonar um lóðréttar hreyfingar við Reykjanes.

Minnisblað: Eftirgrennslan um lóðréttar hreyfingar við Reykjanes skv. skeyti frá Sigurði Sigurðssyni, VG

Halldór Geirsson
21. feb. 2022

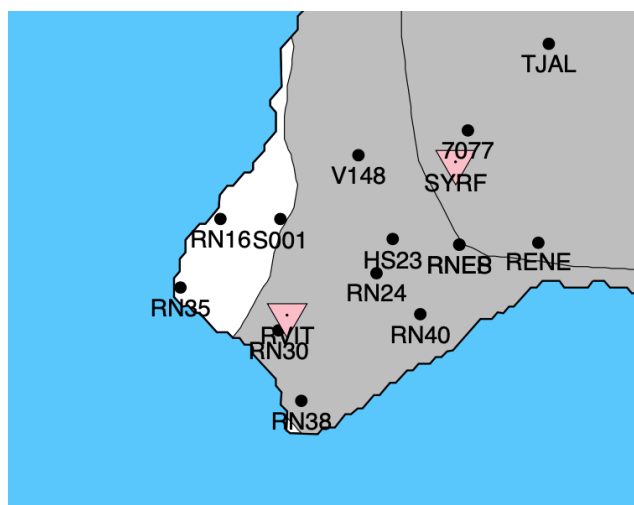
Skeytið frá Sigurði, 11. feb. 2022, var svohljóðandi:

" Nú hef ég áhuga á niðurstöðum gps mælinga yst og syðst á Reykjanesi, við Reykjanesvita. Get ég beðið þig um það?
"

Athugasemd: GPS gögn sem notuð eru í þessu minnisblaði hefur verið safnað í samstarfi við HS-Orku og rétt er að fá leyfi fyrir frekari dreifingu niðurstaðna sé þess óskað.

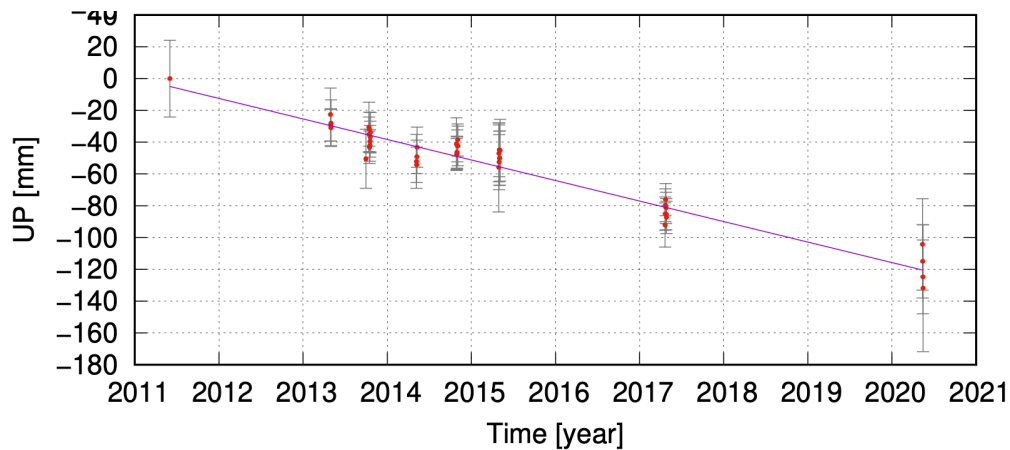
Á Reykjanesi er jarðhitavinnsla (virkjun HS-Orku), sem hefur umtalsverð áhrif á jarðskorpuhreyfingar á svæðinu. Virkjunin hóf starfsemi árið 2006 og er sikhraði á miðju vinnslusvæðinu nálægt 25 mm/ári (Reveur et al., 2019).

GPS/GNSS mælingar: Yst á Reykjaneskaga eru tvær síritandi GNSS stöðvar: ein við Sýrfell (SYRF) og önnur við Reykjanesvita (RVIT; Mynd 1). Meðalsikhraði RVIT á tímabilinu 2015-2022 er 17.5 +- 1 mm/ári. Sikhraðinn hefur verið nokkuð jafn á þessu tímabili, en þó hefur e.t.v. aðeins dregið úr sikhraða síðustu ár. Við Kistuberg er einnig GPS netmælingastöð (RN16; Mynd 1), sem hefur meðalsikhraða 12.9 +- 0.8 mm/ári á tímabilinu 2011 - 2020 (Mynd 2).

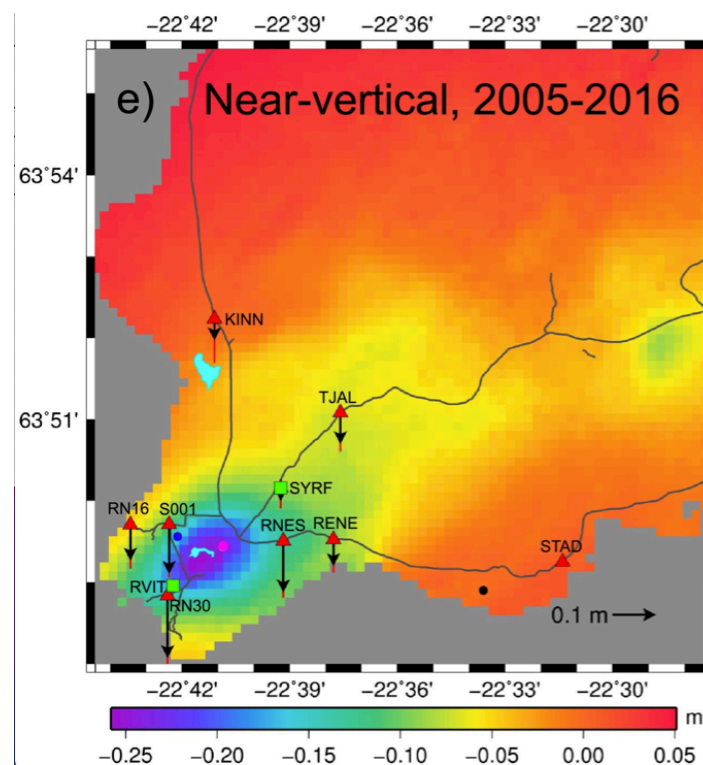


Mynd 1: GPS/GNSS stöðvar á Reykjanesi. Bleikir þríhyrningar tákna síritandi stöðvar og svartir punktar netmælistöðvar.

InSAR: Svæðið hefur verið rannsakað allnokkuð nýlega með InSAR tækni (Reveur et al., 2019; Parks et al., 2020). Mælingarnar sýna vel hvernig GPS stöðvarnar RVIT og RN16 eru utan við hámarks sigsvæði á Reykjanesi (Mynd 3). Lóðrétt viðmið í InSAR gögnum getur verið erfitt að meta, og gæta þarf þess þegar GPS gögn og InSAR gögn eru borin saman. Á Mynd 3 sést til dæmis að InSAR sýnir sig sem nemur um 6 cm á 11 árum, eða um 5.5 mm/ári. Aftur á móti nær skalinn á InSAR gögnunum upp í + 5 cm á sama tímabili norðar á svæðinu á Mynd 3, þar sem þekkt er að sigið er um eða yfir 5 mm/ári. Því virðist InSAR gögnunum í heild bera saman við GPS mælingar um að sig við Kistuberg sé nálægt 12-14 mm/ári.



Mynd 2: Tímaröð lóðréttra hreyfinga á RN16, í hnattrænu viðmiðunarkerfi (ITRF2014).



Mynd 3: Meðalfærslur í lóðrétta stefnu á tímabilinu 2005–2016. Staðsetningar GPS stöðva eru sýndar, og sést m.a. hvernig stöðvarnar eru allar utan þess svæðis sem hefur mest sig.

Heimildir:

Parks, M., Sigmundsson, F., Sigurðsson, Ó., Hooper, A., Hreinsdóttir, S., Ófeigsson, B., & Michalczevska, K. (2020). Deformation due to geothermal exploitation at Reykjanes, Iceland. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 391, 106438.

Receveur, M., Sigmundsson, F., Drouin, V., & Parks, M. (2019). Ground deformation due to steam cap processes at Reykjanes, SW-Iceland: effects of geothermal exploitation inferred from interferometric analysis of Sentinel-1 images 2015–2017. *Geophysical Journal International*, 216(3), 2183–2212.