

# ***R3267A Austurengjar, Krísuvík***

**Viðauki 66 af 92 við skýrslu Orkustofnunar OS-2015/04**

***Virkjunarkostir til umfjöllunar í 3. áfanga rammaáætlunar***



# Virkjanakostir til umfjöllunar í þriðja áfanga Rammaáætlunar

---

R3267A Austurengjar



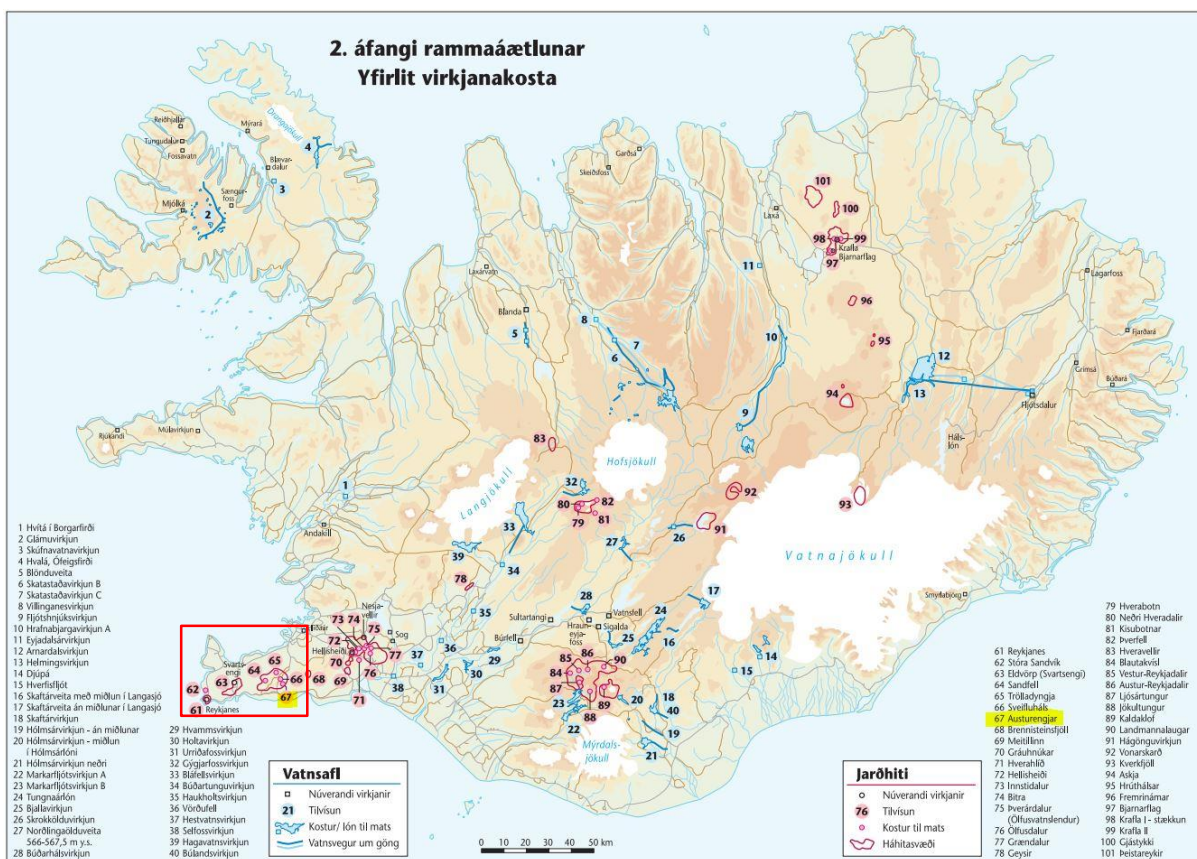
HS ORKA



# 1 Inngangur

Austurengjar er hluti af mjög stóru jarðhitasvæði sem kennt hefur verið við Krýsuvík. Frá 2006 hefur HS Orka haft rannsóknarleyfi á öllu svæðinu til 10 ára. Margt konar yfirborðsrannsóknnum má heita lokið. Næsta skref rannsókna er borun djúpra rannsóknarholna, en holurnar eru nauðsynleg forsenda fyrir mati á orkugetu svæðisins og til að afla upplýsinga um eðliseiginleika sjálfs jarðhitakerfisins eins og hita, þrýsting og lekt.

Austurengjar voru flokkaðar í biðflokk í Rammaáætlun 2, valkostur nr. 67 sbr. kort Rammaáætlunar (mynd 1). Miðað við núverandi skilgreiningu biðflokks er ekki unnt að bora rannsóknarholur á svæðinu, sem kemur í veg fyrir frekari rannsóknir þess.



**Mynd 1:** Virkjunarkostir HS Orku hf. eru innan rauða rammans á Reykjanesi; Austurengjar eru nr. 67 í Rammaáætlun 2.

## 2 Helstu kennistærðir

HS Orka gerir ráð fyrir að nýta jarðvarma úr Austurengjum fyrir jarðvarmavirkjun til framleiðslu á rafmagni og heitu vatni. Gert er ráð fyrir að svæðið verði virkjað í áföngum, byggt á niðurstöðum jarðfræði- og jarðeðlisfræðirannsóknnum, rannsóknarborunum og auðlindamati. Áætlaðar helstu kennistærðir slíkrar virkjunar eru í töflu 1. Ef vilji er til þess af hálfu sveitafélags eða sveitarfélaga sem fara með skipulagsvald á svæðinu mætti gera ráð fyrir því í hönnun virkjunar að upphitun grunnvatns yrði möguleg fyrir staðbundna hitaveitu t.d. fyrir stóran notanda og/eða smærri notendur sem kysu nálægð við orkuver.





Umræða um heildstæða nýtingu Krýsuvíkursvæðisins hefur m.a. snúist um að á því væri unnt að byggja upp virkjanakerfi sem gæti framleitt heitt vatn fyrir notendur á höfuðborgarsvæðinu þ.e.a.s. því svæði sem Nesjavalla- og Hellisheiðavirkjun sjá fyrir heitu vatni. Með þessu fyrirkomulagi yrði afhendingaröryggi heits vatns aukið til muna komi t.d. til umbrota á Hengilssvæðinu.

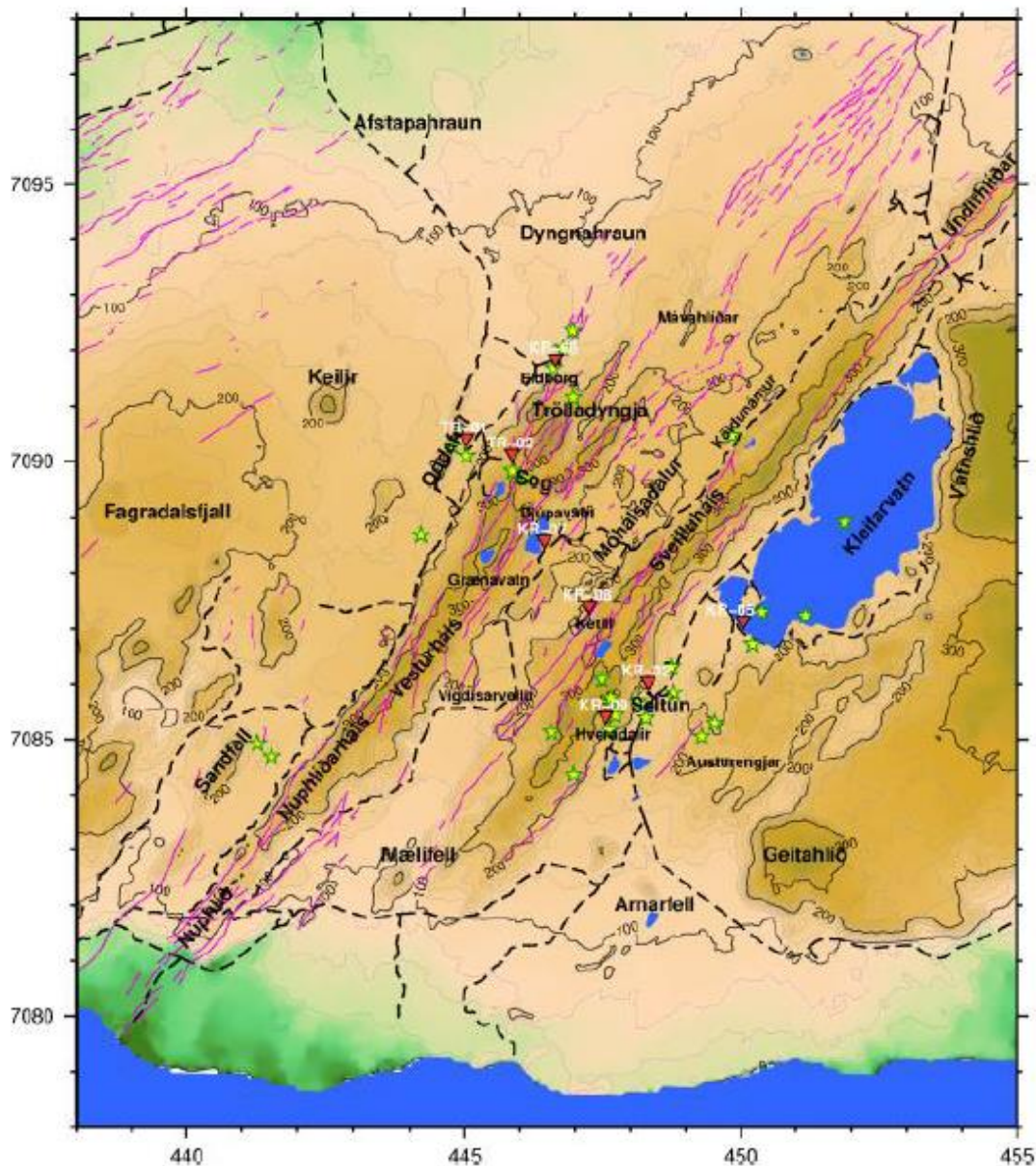
**Tafla 1:** Helstu kennistærðir fyrir jarðvarmavirkjun við Austurengjar.

Helstu kennistærðir		Eining
Uppsett rafafli	100	MW <sub>e</sub>
Uppsett varmaafli	<200	MW <sub>th</sub>
Raforka	820	GWh/ári
Nýtingartími	8200	klst./ári
Flatarmál lágviðnámskápu	19	km <sup>2</sup>
Flatarmál háviðnámskjarna	19	km <sup>2</sup>
Flatarmál nýtingarsvæðis	19	km <sup>2</sup>
Flatarmál framkvæmdasvæðis	6	km <sup>2</sup>

### 3 Staðhættir

Svæðið sem hér er kennt við Austurengjar er í lögsögu tveggja sveitarfélaga, Grindavíkur norðan til en Hafnarfjarðar sunnan til. Austurhluti svæðisins er undir Kleifarvatni sunnanverðu og þar suður af, undir Sveifluháls og Móhálsadal að Trölladyngjusvæðinu og þaðan suður af að mörkum þess svæðis sem við kennum við Sveifluháls (sjá mynd 6). Krýsuvíkurvegurinn liggur með Sveifluhálsi austanverðum, fær hvers kyns farartækjum, en slóðar annars staðar (sjá mynd 2).

Sveifluháls er um 15 km langur goshryggur, samsettur úr nokkrum móbergshryggjum sem gusu undir jökli. Þeir elstu sýna lítilsháttar jarðhitaummyndun á yfirborði en þeir yngri ekki nema þar sem virkur eða nýlega kulnaður yfirborðshiti hefur leikið um móbergið. Hveravirkni er við og í Kleifarvatni sunnanverðu og í sprungurein þar suður af kenndri við Austurengjar. Vestan Sveifluháls er lítilsháttar jarðhitaummyndun sjáanleg í Köldunámum og Folaldadal, um 10 m<sup>2</sup> 99°C, heit hitaskella finnst út í hrauni þar vestur af. Vegslóði liggur frá Undirhlíðum suður um Móhálsadal að Djúpavatni (mynd 2). Slóðinn er rútufer en þarfnast styrkingar til að flytja stærri tæki, s.s. bor. Vatn til rannsóknarborunar vestan við Sveifluháls mætti sækja í Djúpavatn, og leita mætti eftir köldu grunnvatni með 150-200 m djúpum holum í Móhálsdal norðanverðum. Austan megin er skolvatn til borana auðsótt í Kleifarvatni.



**Mynd 2:** Yfirlitskort sem sýnir helstu örnefni sem nefnd eru í texta. Svæðið sem hér er til umfjöllunar, kennt við Austurengjar og sem álitlegast væri að rannsaka nánar er næst Kleifarvatni. Vegir og vegslóðar eru merktir á kortið með brotalínunum.

Austurengjar eru innan marka Reykjanesfólkvangs. Í reglum um Reykjanesfólkvang sbr. Stjórnartíðindi B, nr. 520/1975, segir m.a.:

„Allt jarðrask er bannað innan fólkvangsins nema leyfi Umhverfisstofnunar komi til. Undanskilin er hagnýting jarðhita, t.d. í Krýsuvík, og mannvirkjagerð í því sambandi“.

Stjórn fólkvangsins hefur látið vinna ágætis lýsingar á almennri jarðfræði, gróðurfari, dýralífi, mannvistarleifum og fleira innan fólkvangsins og er vísað til þeirra hér (Sigrún Helgadóttir, 2004; Hildur A. Gunnarsdóttir, ritsj. 2008). Mýrlendið austan Þjóðveggar suður af Kleifarvatni hefur þar nokkra sérstöðu hvað gróður, dýralíf og verndargildi varðar, enda eina mýrlendið á Reykjaneskaganum. Þar eru hross frá Sörla höfð í sumarreit í afgirtu landi. Suðaustanvert við Kleifarvatn eru rofnir og hálfgrónir móbergshálsar og liggur slóði yfir þá næst Kleifarvatni. Vestan Kleifarvatns er norðurhluti móbergshryggjarins Sveifluháls mest áberandi, með háreista móbergskolla, skörðotta tinda,

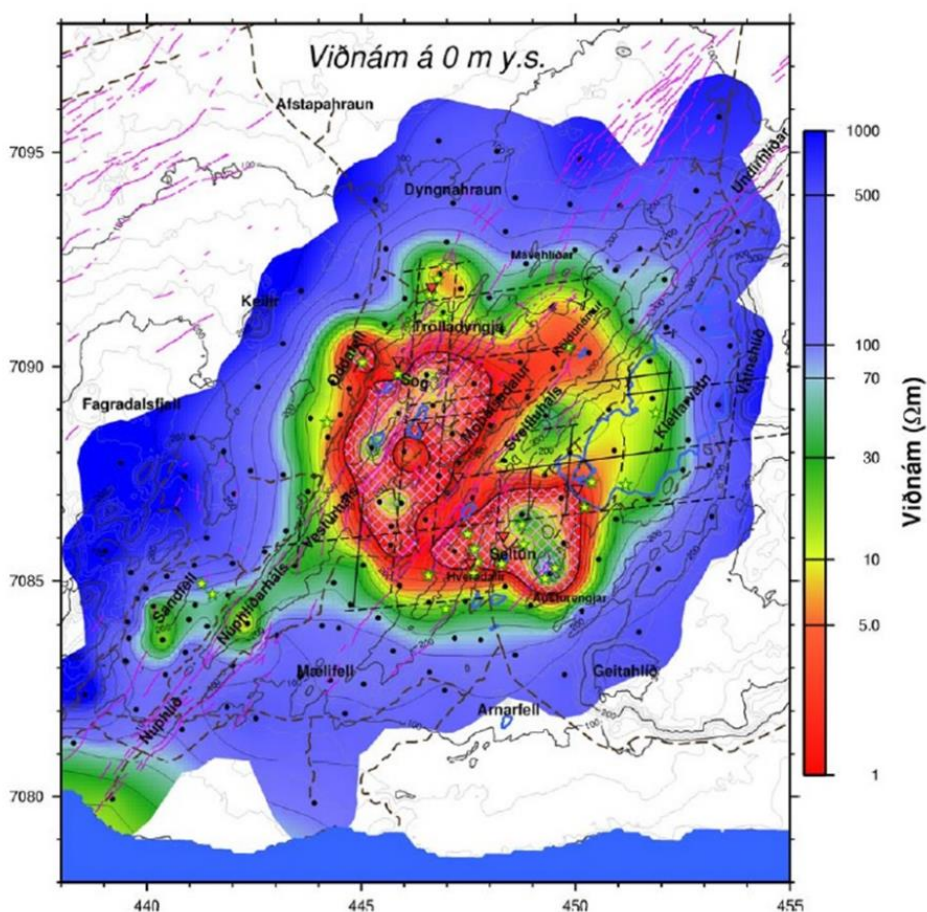


klettabelti og skriður, með stöku gróðurtorfum og lynghvömmum hér og þar. Vestan Sveifluháls í Móhálsadal er helluhraunsbreiða mest áberandi. Ekkert undirlendi er meðfram Kleifarvatni vestanverðu.

Í matskyldufyrirspurn til Skipulagsstofnunar um borteig fyrir rannsóknarboranir neðan Hveradals er aðstæðum lýst á svæðinu og þar sem Austurengjar eru í nágrenni þess svæðis eiga lýsingar á ýmsum umhverfisþáttum í fyrirspurninni við um svæðið við Austurengjar. Greinargerð matskyldufyrirspurnar er fylgiskjal með innsendum gögnum HS Orku hf.

## 4 Jarðvarmi

Mynd 3 sýnir útlínur lágviðnáms á Krýsuvíkursvæðinu við sjávarmál. Myndin sýnir jafnframt að háviðnámsvæði er talsvert útbreitt við sjávarmál á tveimur stórum flekkjum, annars vegar milli Vesturháls og Trölladyngju og hins vegar undir Seltúni austan Sveifluháls austur undir Austurengjar. Hátt viðnám undir lágviðnámi gefur til kynna að berghiti hafi þar náð allt að 240°C hita. Gamlar borholurannsóknir leiða í ljós að berghiti var mun hærra á ísaldartíma en er í dag, en nokkur hundruð metra jökulfarg getur skýrt að 240°C berghiti hafi getað verið við sjávarmál undir stórum hluta svæðisins. Um 400 m langa vökvasúlu á suðmarksferli þarf til að ná 240°C hita, og eitthvað styttri ef hluti vökvasúlunnar er kaldari.

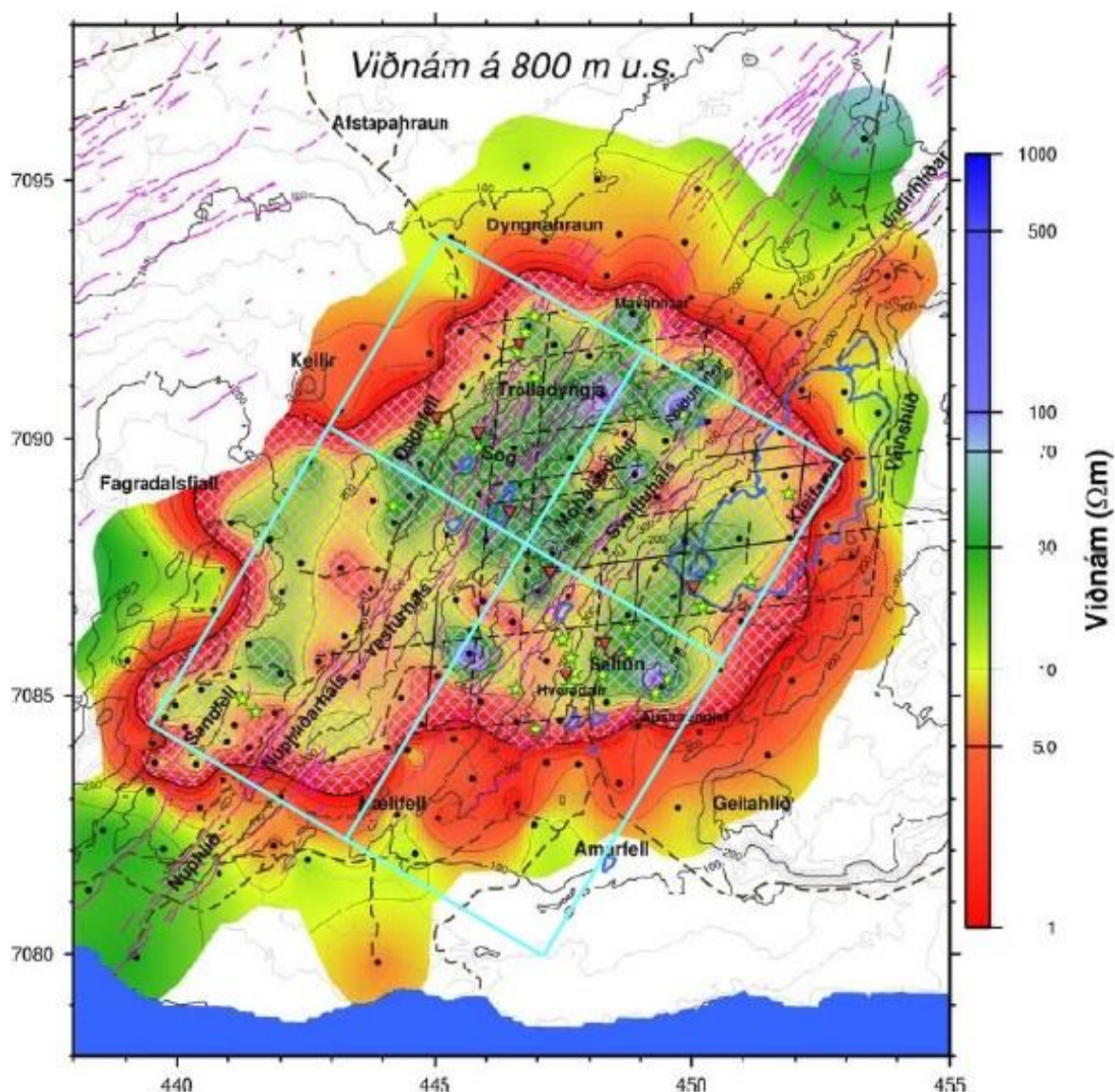


**Mynd 3:** Viðnám við sjávarmál samkvæmt túlkun TEM mælinga. Hverir eru merktir með grænum/gulum stjörnum og gjár og misgengi með bleikum línum. Brot og brotabelti eru merkt með svörtum línum, heilum og brotnum.





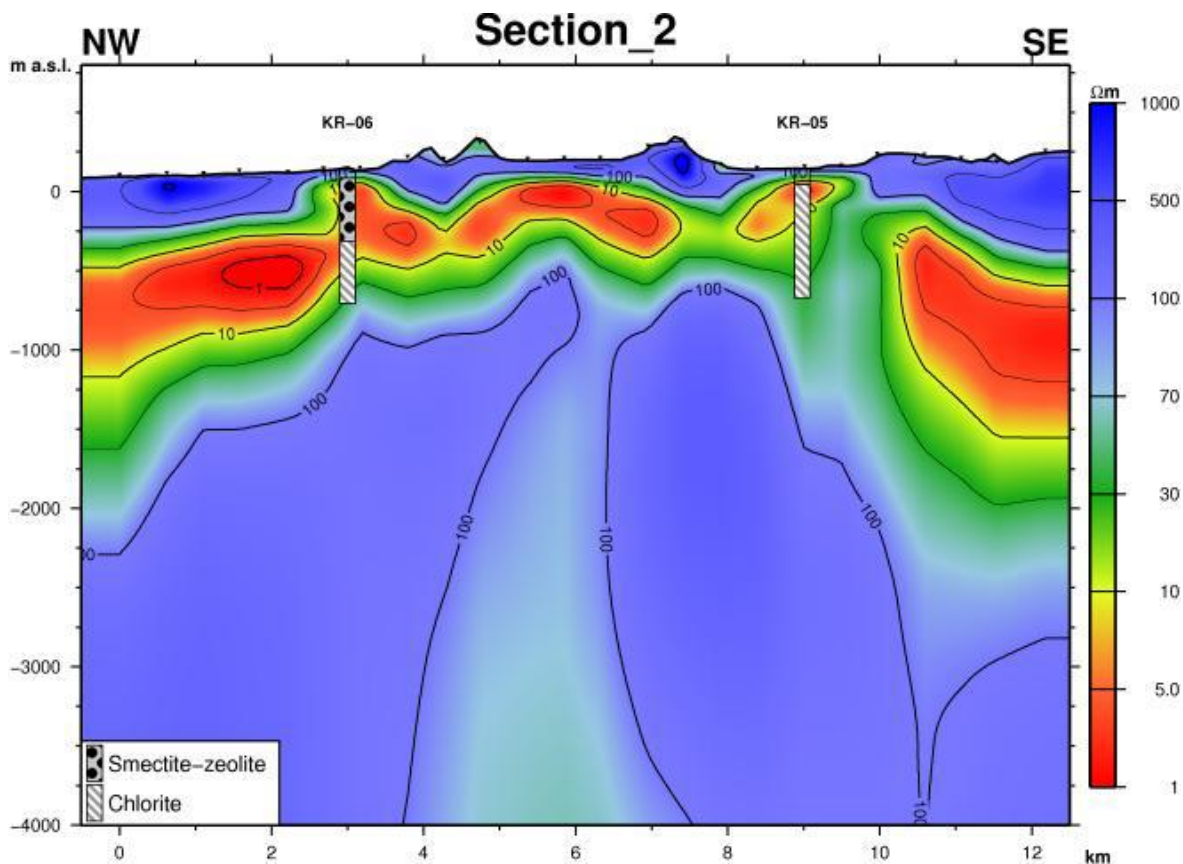
Svæðið sem hér er kennt við Austurengjar (sjá ferhyrning á 6. mynd) nær yfir norðaustur hluta háviðnámskjarnans sem skilgreindur hefur verið með viðnámsmælingum á Krýsuvíkursvæðinu. Miðja svæðisins er í Móhálsadal. Mynd 4 sýnir viðnám á um 800 m dýpi undir sjávarmáli, þ.e. á nærri 1 km dýpi. Háviðnámskjarninn þekur þar meira en 100 km<sup>2</sup> svæði, og lágviðnámskápan sem umlykur hann nær til um 230 km<sup>2</sup>. Veruleg skjálftavirkni hefur verið á Krýsuvíkursvæðinu öðru hverju allt frá síðustu aldamótum og þaðan af fyrr. Umtalsvert landris og sig með miðju í Móhálsadal hefur komið fram. Skjálftarnir koma í hrinum sem vara í nokkra dag, en fjöldi þeirra hefur verið meiri austan til á svæðinu. Þar af voru nokkrir skjálftar yfir 5 að stærð. Nokkur virknibreyting hefur sést á hverasvæðunum, einkum ofan við Seltún, en jafnframt komu hverir við suðurenda Kleifarvatns undan vatni er vatnsborð Kleifarvatns lækkaði um nokkra metra í kjölfar aldamótaskjálftans. Ekki hefur tekist að tengja landris eða skjálfta við bráðið berg eða kvikuinnskot undir svæðinu.



**Mynd 4:** Viðnám 800 m neðan sjávarmáls samkvæmt túlkun TEM mælinga. Hverir eru merktir með grænum/gulum stjörnum og gjár og misgengi með bleikum línum. Brot og brotabelti samkvæmt dreifingu skjálfta eru merkt með svörtum línum, heilum og brotnum. Borholur eru merktar með rauðum fylltum þríhyrningum. Svæði sem kennt er við Austurengjar er við Kleifarvatn og þar suður af og vestur um Sveifluháls yfir í Móhálsadal.



Mynd 5 sýnir viðnámsþversnið frá yfirborði niður á 4 km dýpi, vestan frá Höskuldarvöllum undir Trölladyngju, Móhálsadal, Sveifluháls og sunnanvert Kleifarvatn. Holur KR-06, við Trölladyngju, og KR-05, við Hverahlíð sunnan Kleifarvatns, eru sýndar í sniðinu. Myndin gefur ágæta hugmynd um miðju háhitasvæðisins undir Móhálsadal, sem lágviðnámskápan hvelfist síðan yfir. Allar fyrirbyggjandi tillögur HS Orku um rannsóknarholur eru enn sem komið er utan miðjunnar, enda er aðgengi þar torveldara en út með jöðrunum.



**Mynd 5:** Viðnámsþversnið niður á 4 km dýpi frá Höskuldarvöllum, undir Trölladyngju, Móhálsadal, Sveifluháls og austur fyrir Kleifarvatn. Miðja háhitasvæðisins er undir Móhálsadal.

Rannsóknir og boranir á Krýsuvíkursvæðinu hafa verið talsverðar gegnum tíðina og er þeim lýst nánar í lýsingu HS Orku á Sveifluhálsi fyrir Rammaáætlun 3. Eitt af því sem einkenndi hitaferlana í mörgum þessara holna var viðsnúningur þeirra þ.e.a.s. holurnar voru heitastar á 200-500 m dýpi en kaldari þar fyrir neðan og því ekki fýsilegar til virkjunar. Mælingarnar benda til þess að jarðhitakerfið hitni aftur þegar neðar dregur, einkum nær miðju uppstreymisrása. Rannsóknaboranir munu gefa upplýsingar um á hvaða dýpi kerfið byrjar að hitna aftur og hversu hratt það hitnar og þar með skapast grundvöllur til þess að meta vinnslugetu svæðisins. Eins og sjá má í töflu 2 voru fyrstu 4 holurnar sem boraðar voru á sínum tíma innan Austurengjareinar, 1941-1945, og ein 816 m djúp hola 1971.

Staðsetning og stefna 2-3 km djúpra rannsóknarholna HS Orku er ætlað að skera úr um hita og lekt á 1-3 km dýpi. Á Austurengjasvæðinu hefur HS Orka enn sem komið er einungis ráðgert boranir frá hugsanlegum borteigum fyrir stefnuboraðar rannsóknarholur, annar vegar við Kleifarvatn og hins vegar við Köldunámur. Skolvatn til borana yrði sótt í Kleifarvatn í fyrra tilvikinu. Algengt er að efstu 700-1000 m háhitasvæða séu fóðraðir af með steiptum stálfóðringum og að jarðhitavökvi sé unnin úr dýpri jarðlögum. Borun djúpra rannsóknarholna er frumforsenda hvers kyns orkunýtingar á Austurengjasvæðinu.



Tafla 2: Borholur á Krýsuvíkursvæðinu

Verklok	Verkkaupi	Nafn	Dýpi	Staðsetning
15.12.1941	Rafveita Hf. (RH).	KV-01	90.0	Suðurendi Kleifarvatns
24.9.1942	RH	KV-02	122.0	Skammt suður af vatnshvernum
31.12.1942	RH	KV-03	132.0	Nærri skátaskálanum
23.11.1945	RH	KV-04	39.0	Hjá Austurengjahver
3.7.1971	Jarðhitadeild OS	KR-05	816.3	Kleifarvatn

## 5 Nýting

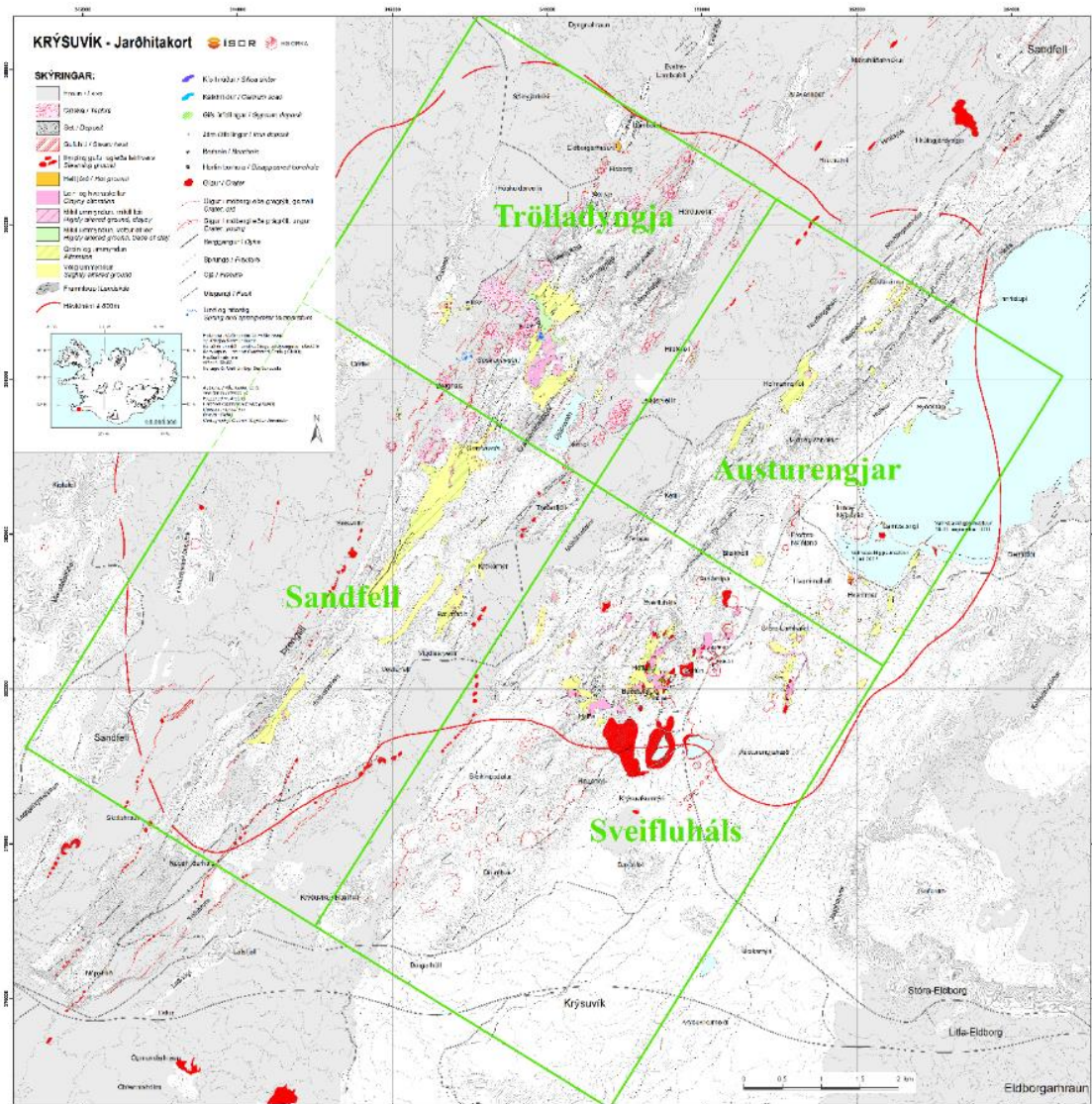
Austurengjareinin sjálf er 5-6 km löng og um 1 km á breidd, eða um 6 km<sup>2</sup> að flatarmáli í heild ef nýtanlegur jarðhiti væri eingöngu bundinn við þá rein. Óvissa er um stærðarmatið/orkugetuna án rannsóknarborana, en jarðhitaleit með borunum myndi þó klárlega beinast að reininni sjálfri fremur en jöðrum hennar. Vegna umhverfis- og verndarsjónarmiða væri auðveldast að skoða orkugetu Austurengjareinarinnar með því að teygja sig inn í reinina með stefnuboraðri holu frá vatnsbakka Kleifarvatns suður af Syðristapa. Vestan Sveifluháls væri eðlileg staðsetning fyrstu rannsóknarholu nærri Köldunámum.

Mynd 6 sýnir nýtingarsvæði hugsanlegrar virkjunar við Austurengjar. Nýtingarsvæði er skilgreint sem áhrifasvæði virkjunar á auðlindina undir yfirborði jarðar, með öðrum orðum, svæði þar sem áhrifa vinnslu kann að gæta. Nýtingarsvæði Austurengja liggur að áætluðum nýtingarsvæðum Sveifluháls í suðri og Trölladyngju í vestri. Iðnaðarsvæði og framkvæmdasvæði yrðu innan nýtingarsvæðisins og lega þeirra háð samþykki skipulagsyfirvalda. Ekki er hægt að afmarka framkvæmda- og iðnaðarsvæðið á þessu stigi þar sem það ræðst af niðurstöðum rannsóknarboranna.

Áður en vinnsla hæfist úr jarðhitasvæði Austurengja yrði gert reiknilíkan fyrir jarðhitakerfið, byggt á þeirri þekkingu sem þá liggur fyrir. Spár verða gerðar um þrýstingslækkun í jarðhitakerfinu fyrir áætlaða vinnslu. Þessar spár verða bornar undir leyfisveitendur eins og Orkustofnun varðandi gildandi kröfur, til dæmis um sjálfbærni. Mögulegar mótvægisáðgerðir yrðu reifaðar í mati á umhverfisáhrifum, umsókn um nýtingar- og virkjunarleyfi og samráð haft við leyfisveitendur. Jarðhitavökvi á Austurengjasvæðinu er líklegast ferskvatn að uppruna og samsvarar því þeim jarðhitavökva sem algengur er á öðrum jarðhitasvæðum inn til landsins, rannsóknaboranir munu staðfesta það. Vegna staðhátta á Austurengjasvæðinu verður að vanda til vals á niðurdælingarsvæði. Ekki verður myndað lón við Austurengjar, en mögulega þyrfti pró á iðnaðar- og framkvæmdasvæði virkjunar sem gæti tekið við affalli við stýringu, prófanir eða bilun virkjunar.

Líklega verður orkuvinnsla byggð upp í áföngum og holufjöldi því algerlega háður stærð hvers áfanga. Hér er miðað við að hægt yrði að reisa allt að 100 MW<sub>e</sub> virkjun á nýtingarsvæðinu, því þyrfti að reikna með að bora þyrfti minnst 20 vinnsluholur og 3-4 niðurdælingarholur fyrir virkjun þessa afls. Ef gert er ráð fyrir að einhverjar holur geti ekki nýst virkjun gæti holufjöldinn í byrjun hækkað um 3-5 holur miðað við almenna tölfræði fyrir rannsóknarboranir á Íslandi. Ómögulegt er að segja fyrirfram til um fjölda uppbótarholna sem þyrfti til að halda fullu afli virkjunar yfir ætlaðan líftíma hennar því það byggir á rekstrarforsendum virkjunar og viðbrögðum viðkomandi jarðhitakerfis. Þannig útreikningar verða hins vegar gerðir þegar niðurstöður rannsóknarborana liggja fyrir, framkvæmdalýsing sett í mat á umhverfisáhrifum og sótt verður um nýtingar- og virkjanaleyfi.





**Mynd 6.** Nýtingarsvæði fyrir Austurengjar er á norðausturhluta Krýsuvíkursvæðisins.

Framkvæmdasvæði er svæði með margs konar mannvirkjum eins og stöðvarhúsi, skiljustöð, pípum, vegum og borplönum, þ.e. það landsvæði þar sem áhrif framkvæmda kann að gæta á yfirborði jarðar. Markmið HS Orku er að nýta stefnuborunartækni til að draga úr umhverfisáhrifum borana á yfirborði. HS Orka mun leitast við að halda framkvæmdarsvæðum sem minnstum og má þar vísa til framkvæmdasvæða fyrirtækisins í Svartsengi og á Reykjanesi. Til dæmis er eiginlegt framkvæmdasvæðið 100 MW<sub>e</sub> virkjunar á Reykjanesi um 4 km<sup>2</sup>. Framkvæmdasvæði getur stækkað nokkuð þegar fjarlægð að niðurdælingarsvæði eykst. Fyrir Austurengjar er reiknað með að borholur yrðu á nokkrum afmörkuðum borteigum sem dregur úr yfirborðsröskun, en á móti gæti komið aukin fjarlægð til niðurdælingaholna. Vegna þessa er hér áætlað að framkvæmdasvæði gæti orðið allt að 6 km<sup>2</sup>.

HS Orka mun leitast við að uppfylla reglugerð 514/2010 um styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti. Hljóðstig mun tímabundið geta farið yfir viðmiðunarmörk reglugerða 724/2008 og 1000/2005 um hljóðvist, þ.e. við borframkvæmdir og afkastamælingar borholna. Áhrifin eru hins vegar tímabundin og að fullu afturkræf.



## 6 Heimildir

Guðmundur Ó. Friðleifsson og Kristján Sæmundsson, 2015. Krýsuvík-Jarðhitakort, í vinnslu.

Gylfi Páll Hersir, Arnar Már Vilhjálmsson, Guðni Karl Rosenkjær, Hjálmar Eysteinnsson og Ragna Karlsdóttir (2010). *Jarðhitasvæðið í Krýsuvík. Viðnámsmælingar 2007 og 2008*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2010/025. Unnið fyrir HS Orku hf. 263 s.

Gylfi Páll Hersir, Knútur Árnason og Arnar Már Vilhjálmsson (2011). *3D Inversion of MT Data from Krýsuvík, SW Iceland*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2011/072. Unnið fyrir HS Orku hf. 165 s.

Gylfi Páll Hersir, Knútur Árnason og Arnar Már Vilhjálmsson (2013). *3D Inversion of magnetotelluric (MT) resistivity data from Krýsuvík high temperature area in SW Iceland. Proceedigs, 38th Workshop* og Geothermal Reservoir Engineering, Stanford, California, Feb 11-13, 2013, SGP-TR-198, 14 bls.

Hildur Arna Gunnarsdóttir ritsj., 2008. Ferðaþjónustumöguleikar í Reykjanesfólkvangi. Skýrsla unnin fyrir Stjórn Reykjanesfólkvangs, ýmsir höfundar, 48 bls.

Sigríður Kristjánsdóttir (2013). *Microseismicity in the Krýsuvík Geothermal Field, SW Iceland, from May to October 2009*. Master thesis at the University of Iceland, 50 p.

Sigrún Helgadóttir 2004. Reykjanesfólkvangur - Upphaf, markmið, framtíð. Skýrsla unnin fyrir stjórn Reykjanesfólkvangs, 43 bls.

Sverrir Þórhallsson, Benedikt Steingrímsson, Halldór Ármannsson, Knútur Árnason og Kristján Sæmundsson (2006). *Krýsuvík - Rannsóknarsvæði og næstu rannsóknarboranir*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-06170. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 5 s.

Yohannes Lemma Didana (2010). *Multidimensional Inversion of MT data from Krýsuvík High Temperature Geothermal Field, SW Iceland, and study of how 1D and 2D inversion can reproduce a given 2D/3D resistivity structure using synthetic MT data*. Master's thesis at University of Iceland, 119 p.

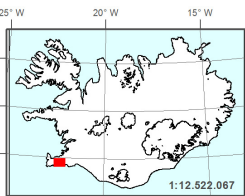


# KRÝSUVÍK - Jarðhitakort



## SKÝRINGAR:

- |  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  | Hraun / Lava   |  | Kisilhrúður / Silica sinter                            |
|  | Gjóskja / Tephra   |  | Kalkhrúður / Calcium scab                              |
|  | Set / Deposit  |  | Gífs útfellingar / Gypsum deposit                      |
|  | Gufuhiti / Steam heat  |  | Járn útfellingar / Iron deposit                        |
|  | Byrping gufu- og/eða leirhvera<br>Steaming ground                      |  | Borhola / Borehole                                     |
|  | Heit jörð / Hot ground   |  | Horfin borhola / Disappeared borehole                  |
|  | Leir- og hveraskellur<br>Clayey alteration                             |  | Gigur í möbergi eða grágríti, gamall<br>Crater, old    |
|  | Mikil ummyndun, mikill leir<br>Highly altered ground, clayey           |  | Gigur í möbergi eða grágríti, ungur<br>Crater, young   |
|  | Mikil ummyndun, vottur af leir<br>Highly altered ground, trace of clay |  | Berggangur / Dyke                                      |
|  | Greinileg ummyndun<br>Alteration                                       |  | Sprungu / Fracture                                     |
|  | Væg ummyndun<br>Slightly altered ground                                |  | Gjá / Fissure  |
|  | Framhlaup / Landslide  |  | Misgengi / Fault                                       |
|  | Háviðinám á 800m   |  | Lind og hitastig<br>Spring and springwater temperature |
|  |  |  | Vegur  |
|  |  |  | Slóð   |



Höfundar: Guðmundur Ó. Friðjólsson og Kristján Sæmundsson  
 Kortbú er unnið í landfræðilegu uppbyggikerfi ArcGIS  
 Kartveggur: Lambert Conformal Conic (ISW93)  
 Háðarlinnubúli 5 m  
 Datum: ISW93  
 Kartagerð: Guðrún Sigríður Jónsdóttir

Authors: Friðjólsson, G. Ó. and Sæmundsson, K.  
 Prepared in: ArcGIS  
 Lambert Conformal Conic (ISW93)  
 Contour Interval: 5 m  
 Datum: ISW93  
 Cartography: Guðrún Sigríður Jónsdóttir

