



ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

ÚTLÁN
Bókasafn Orkustofnunar

Jarðhitalíkur í grennd við Akranes og Borgarnes

**Árni Hjartarson
Kristján Sæmundsson**

Unnið fyrir Hitaveitu Akraness og Borgarfjarðar

2003

OS-2003/018

OS-2003/018

Árni Hjartarson
Kristján Sæmundsson

Jarðhitalíkur í grennd við Akranes og Borgarnes

Unnið fyrir Hitaveitu Akraness og Borgarfjarðar

OS-2003/018

Apríl 2003

ISBN 9979-68-123-3

ORKUSTOFNUN – RANNSÓKNASVIÐ

Reykjavík: Grensásvegi 9, 108 Rvk. – Sími: 569 6000 – Fax: 568 8896
Akureyri: Rangárvöllum, P.O.Box 30, 602 Ak. – Sími: 460 1380 – Fax: 460 1381
Netfang: os@os.is – Veffang: <http://www.os.is>

Skýrsla nr.: OS2003/018	Dags.: Apríl 2003	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til 31.12.04
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Jarðhitalíkur í grennd við Akranes og Borgarnes		Upplag: 35
		Fjöldi síðna: 24
Höfundar: Árni Hjartarson Kristján Sæmundsson		Verkefnisstjóri: Benedikt Steingrímsson
Gerð skýrslu / Verkstig: Mat út frá eldri gögnum, tillögur		Verknúmer: 8-610002
Unnið fyrir: Hitaveitu Akraness og Borgarfjarðar		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Skýrsla þessi fjallar um jarðfræðilegar aðstæður, jarðhitalíkur og æskilegar aðgerðir vegna átaks í jarðhitarannsóknnum á afmörkuðum svæðum sunnan Skarðsheiðar og í Borgarfirði. Ekki hafa verið gerðar nýjar rannsóknir vegna skýrslunnar en þess í stað er byggt á eldri jarðhitaathugunum Orkustofnunar. Þau svæði sem skoðuð verða eru umhverfi Akrafjalls, Leirársveit, umhverfi Borgarness, Efríhreppur og Kleppjárnsreykir. Í skýrslunni eru efnistöð þau að fyrst er gerð grein fyrir almennri jarðfræði svæðanna og þeim jarðhitarannsóknnum sem þar hafa verið gerðar, bæði yfirborðsrannsóknnum, jarðeðlisfræðilegum mælingum og borunum. Í síðasta kafla eru settar fram tillögur um næstu aðgerðir í jarðhitarannsóknunum.		
Lykilorð: Jarðhiti, jarðfræði, borholur, viðnám, hitastigull, ummyndun, Akranes, Borgarnes	ISBN-númer: 9979-68-123-3	
	Undirskrift verkefnisstjóra: <i>7/7 Ben PI</i>	
	Yfirfarið af: BS, PI	

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	5
2. UMHVERFI AKRAFJALLS.....	5
2.1. Akranes	9
2.2. Innri-Hólmur	10
2.3. Hvalfjarðargöng	10
2.4. Hvítanes	11
2.5. Geldingaá-Vogatunga í Leirársveit.....	12
2.6. Leirá	13
3. BORGARNES OG NÁGRENNI (FRV. BORGARHREPPUR).....	16
4. EFRIHREPPUR.....	19
5. KLEPPJÁRNSREYKIR.....	20
6. TILLÖGUR UM RANNSÓKNIR.....	22
7. HEIMILDIR.....	25

MYNDIR

Mynd 1. Ummyndunarbelti í Akrafjalli og við.....	6
Mynd 2. Kort sem sýnir viðnám jarðlaga á 500 m dýpi.	6
Mynd 3. Hitastigull í átta borholum.....	8
Mynd 4. Hvalfjarðargöng, langsnið á gangaleið.	10
Mynd 5. Hita- og seltusnið eftir Hvalfjarðargöngum.	11
Mynd 6. Staðsetning á hrúðurskellum í Leirársveit.....	12
Mynd 7. Segulkort af Leirá og hrúðurflekkir.	13
Mynd 8. Höggunarkort af Akrafjalli og grennd ásamt með borholum o.fl.....	14
Mynd 9. Hitamælingar úr holunni BO-02 að Borg á Mýrum.	16
Mynd 10. Hitastigull í nágrenni Borgarness.	18
Mynd 11. Efrihreppur, hitastigull við Hreppslaug.	19
Mynd 12. Kleppjárnsreykir-Deildartunga, hverakort.....	21
Mynd 13. Borgarnes og nágrenni, tillögur að borholustæðum.	22

TÖFLUR

Tafla 1. Hitastigull umhverfis Akrafjall.	7
Tafla 2. Hitastigull í grennd við Borgarnes.	17

1. INNGANGUR

Skýrsla þessi fjallar um jarðfræðilegar aðstæður, jarðhitalíkur og æskilegar aðgerðir vegna átaks í jarðhitarannsóknnum á afmörkuðum svæðum sunnan Skarðsheiðar og í Borgarfirði. Skýrslan er unnin fyrir Hitaveitu Akraness og Borgarfjarðar. Ekki hafa verið gerðar nýjar rannsóknir vegna skýrslunnar en þess í stað byggt á eldri jarðhitaathugunum Orkustofnunar og á upplýsingum um hitastigul í borholum, jarðeðlisfræðilegum mælingum og fleiru. Þau svæði sem skoðuð verða eru:

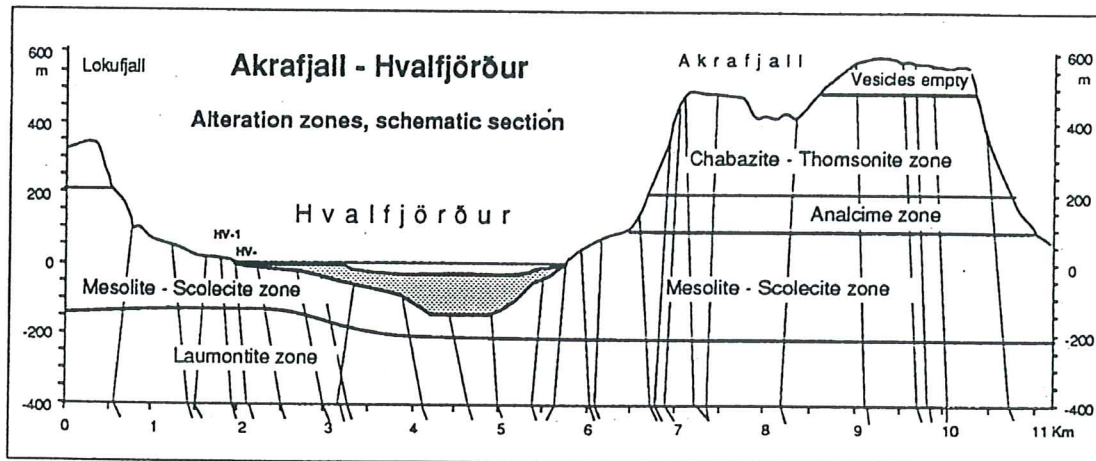
- Umhverfi Akrafjalls (Akranes, Innri-Hólmur, Hvalfjarðargöng, Grundartangi, Hvítanes, Skipanes, Geldingaá, Vogatunga, Leirá)
- Nágrenni Borgarness
- Hreppslaug
- Kleppjárnshreykir.

Í skýrslunni eru efnistöð þau að fyrst er gerð grein fyrir almennri jarðfræði svæðanna og þeim jarðhitarannsóknnum sem þar hafa verið gerðar, bæði yfirborðsrannsóknnum, jarðeðlisfræðilegum mælingum og borunum. Í síðasta kafla eru settar fram tillögur um næstu aðgerðir í jarðhitarannsóknunum.

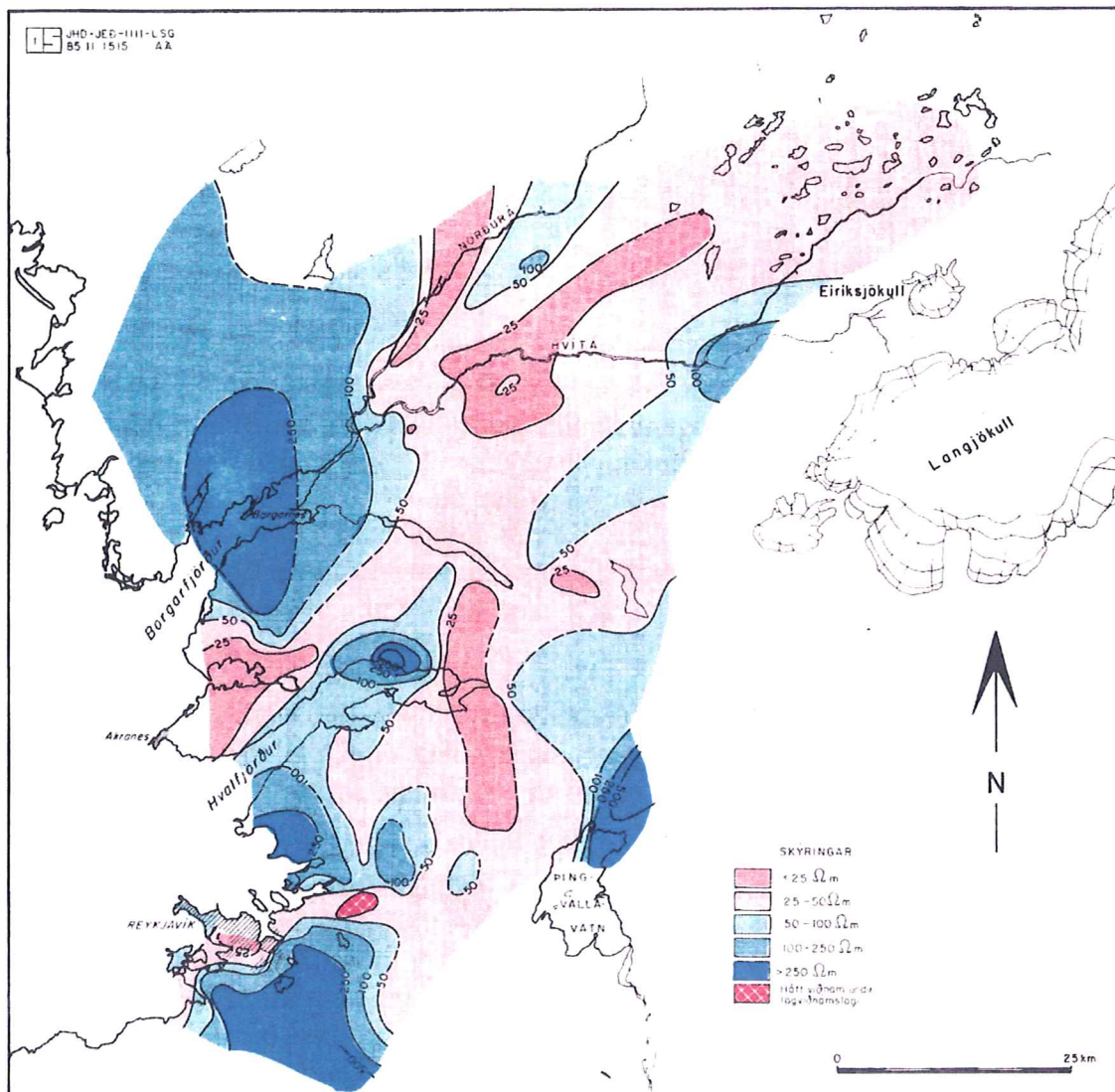
2. UMHVERFI AKRAFJALLS

Berggrunnur á Akranesi og á svæðinu kringum Akrafjall er 3–5 milljón ára og því myndaður á síðasta hluta tertíer, nánar til tekið á plíósenstíð. Hann er að mestu gerður úr basaltlögum og setlögum á milli þeirra. Setlögin eru fremur þunn og úr fingerðu efni en í efri hluta staflans finnast þykkari og grófgerðari lög. Jarðlagahalli er víðast 5–10° til suðvesturs en hefur þó mælst allt upp undir 15° á ströndinni milli Akraness og Hvítaness (Ingvar Birgir Friðleifsson o.fl. 1977). Berggangar eru fremur strjálir á svæðinu. Við ströndina austur af Innra-Hólmi er þó meira um þá en annars staðar. Gangarnir liggja oftast sem næst hornréttir á hallandi jarðlagastaflann og stefna flestir nálægt 30°N. Nokkrir gangar stefna í 55°N. Lítið er vitað um sprungur og misgengi í berggrunninum við Akranes annað en að þar virðist berggrunnur lítt brotinn en þegar austar dregur verður meira vart við brot svo sem ofan Reynis, í Göngukvennaskörðum og við Innra-Hólm, en þar er stærsta þekkt misgengið á svæðinu með allt að 100 m fall til suðausturs. Brotin stefna flest til norðausturs.

Bergið er þétt og holufyllt. Við sjávarmál eru jarðlögin í ummyndunarbelti því sem kennt er við geislasteindirnar skólesít og mesólít (mesólít-skólesít-zeólítabeltið). Þar fyrir ofan er analsímbeltið sem nær upp í 200–300 m þar sem kabasít-thomsonít beltíð tekur við og teygir sig í efstu eggjar (mynd 1). Lítið er eftir af upphaflegri lekt í berglagastafla þegar kemur niður í mesólít-skólesít-zeólítabeltið. Þar er góð lekt bundin við jarðfræðilega ungar sprungur. Aðstæður í Hvalfjarðargöngum eru dæmi um þetta.



Mynd 1. Ummyndunarbelti í Akrafjalli og við Hvalfjörð (Ágúst Guðmundsson, 1991).



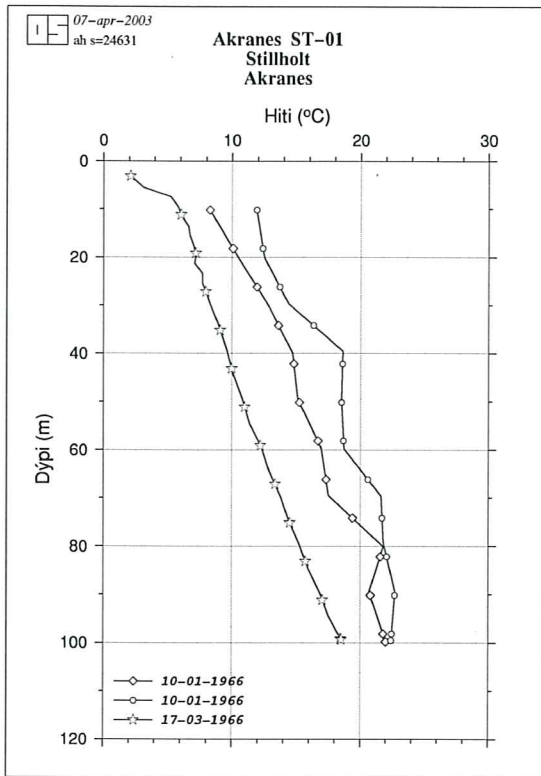
Mynd 2. Kort sem sýnir viðnám jarðlaga á 500 m dýpi. Lágt viðnám gefur til kynna varmastreymi í jarðlögum og jarðhitalíkur. Hátt viðnám utan megineldstöðva bendir til lítils varmastreymis (Mýrar, Þingvallalægðin, Heiðmörk), (Lúðvík S. Georgsson 1985).

Viðnámskort Lúðvíks Georgssonar (1985) af Höfuðborgarsvæði og Borgarfirði sýnir eðlisviðnám jarðlaga á 500 m dýpi undir sjávarmáli (mynd 2). Lágviðnám gefur til kynna varmastreymi í jarðlögum og jarðhitalíkur. Hátt viðnám bendir yfirleitt til lítils varmastreymis. Hátt viðnám kemur einnig fram í gömlum megineldstöðvum þar sem berg er mjög ummyndað og mikið um bergganga og innskot, enda þótt þar sé jarðhiti. Sem dæmi má nefna að heitu vatni er dælt úr borholu á Hvalfjarðarströnd sem staðsett er í miðju háviðnámssvæðinu þar. Sama máli gegnir um Húsafellssvæðið og Kjalarnes. Hátt viðnám kringum Borgarnes og hinar fornu eldstöðvar í Skarðsheiði útilokar því ekki að þar sé jarðhiti. Ef tillit er tekið til þessa ber kortinu vel saman við niðurstöður hitastigulsrannsókna og þekktan jarðhita og er leiðbeinandi um jarðhitalíkur utan jarðhitastaðanna. Stórt lágviðnámssvæði, þar sem viðnámið er undir 25 ohmm, er við Leirárvoga (Grunnafjörð) og undir vestanverðu Akrafjalli og Akranesi. Þarna er ekki jarðhiti á yfirborði en hár hitastigull í borholum. Jarðhitinn við Leirá er nálægt norðurjaðri svæðisins en þó utan þess. Frá þessu svæði virðist liggja lágviðnámsbelti til norð-austurs í átt að Skorradalsvatni þar sem viðnámið mælist 30–40 ohmm. Við Skorradalsvatn hefur fundist 100°C heitt vatnskerfi með borunum á Stóru-Drageyri og í Hvammi.

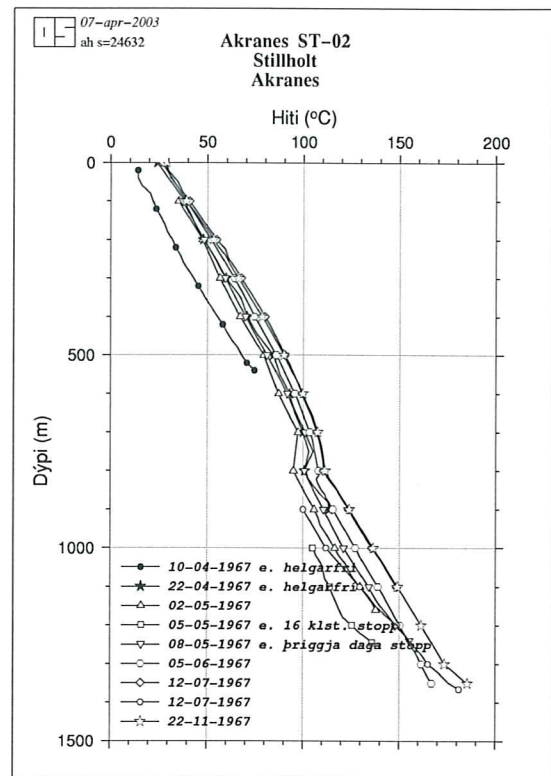
Aðstæður í nágrenni Akraness eru því þannig að lekt jarðlaga er lítil nema hugsanlega þar sem ungar sprungur hafa náð að brjóta upp berggrunninn og opna leiðir fyrir grunnvatnið en um slíkar sprungur eða sprunguvirkni er fátt vitað. Tafla 1 sýnir mældan hitastigul í borholum umhverfis Akrafjall og mynd 3a-d hitastigul í 4 borholum á Akranesi, í Borgarfirði, Hvítanesi og á Innra-Hólmi.

Tafla 1. Hitastigull í borholum umhverfis Akrafjall (hnit WGS84).

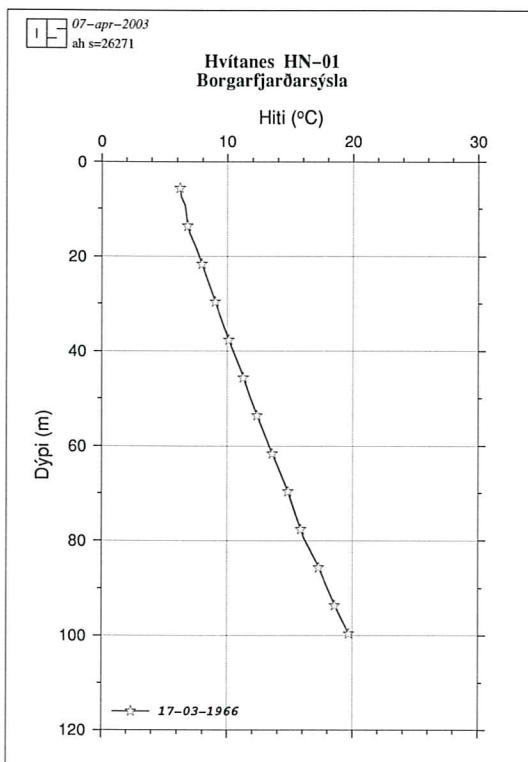
Hola	Staður	X	Y	Dýpi m	°C/km	Aths.
ST-01	Akranes	351238.6	428148.6	100.8	137	Stillholt
ST-02	Akranes	351238.6	428148.6	1400.1	129	Stillholt
HN-01	Hvítanes	356401.8	432812.1	100.8	150	
IH-01	Innri-Hólmur	357908.9	425822.2	102.7	153	
KB-01	Kirkjuból	358490	426080	33	130	
KB-02	Kirkjuból	359180	426920	48	125	
KB-03	Kirkjuból			65	-	
HG-10	Hvalfj.gangamunni	360200	426830	121.8	120	Göng að norðan
HG-01	Hvalfj.gangamunni	363240.3	424175.2	260.4	170	Göng að sunnan
HG-02	Hvalfj.gangamunni	362862.5	423424.3	129.4	210	Göng að sunnan
GÁ-01	Geldingaá	360140	437350	33	300	Leirársveit
GÁ-02	Geldingaá	360280	437520	51		Sjálfrennsli 20°
GÁ-03	Geldingaá	360180	437430		315	
VT-01	Vogatunga	362130	435220	32	?	Leirársveit
VT-02	Vogatunga	362430	435650	33	150	



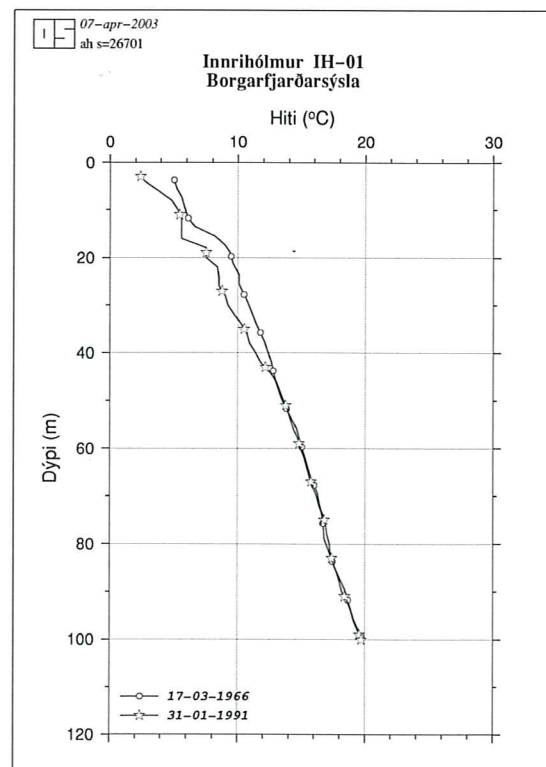
Mynd 3a. Hitastigull á Akranesi.



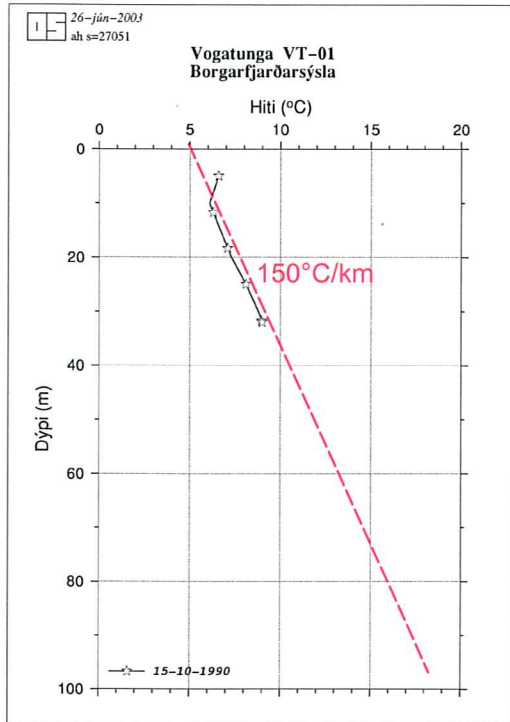
Mynd 3b. Hitastigull á Akranesi.



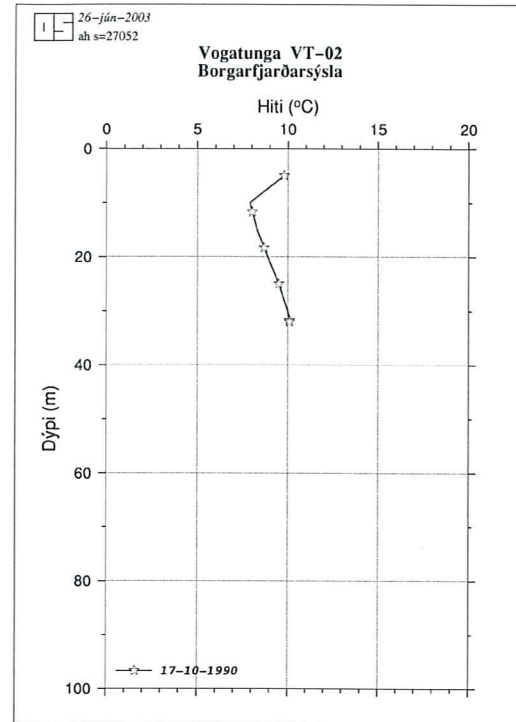
Mynd 3c. Hitastigull í Hvítanesi.



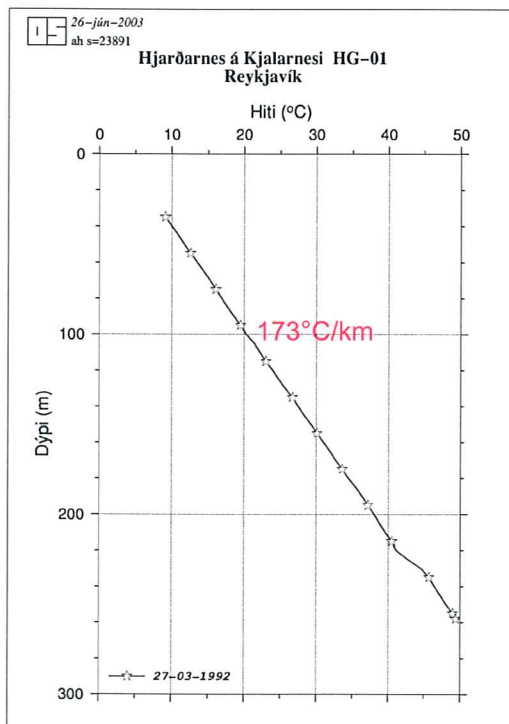
Mynd 3d. Hitastigull við Innra-Hólm.



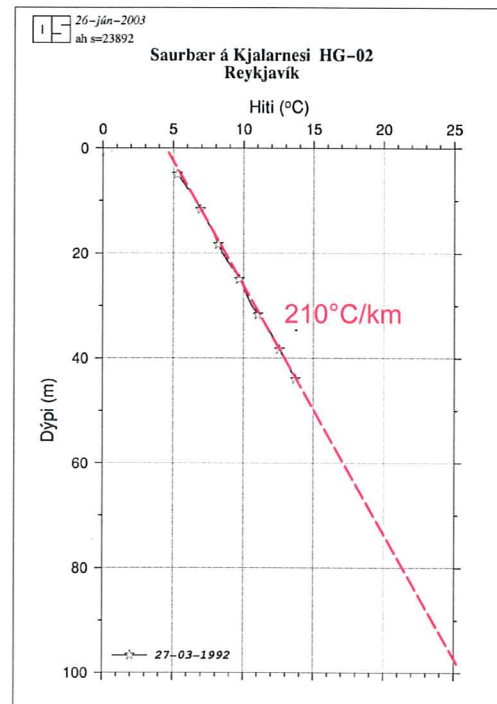
Mynd 3e. Hitastigull í Vogatungu.



Mynd 3f. Hitamæling VT-02 í Vogatungu.



Mynd 3g. Hitastigull á Hjarðarnesi á Kjalarnesi.



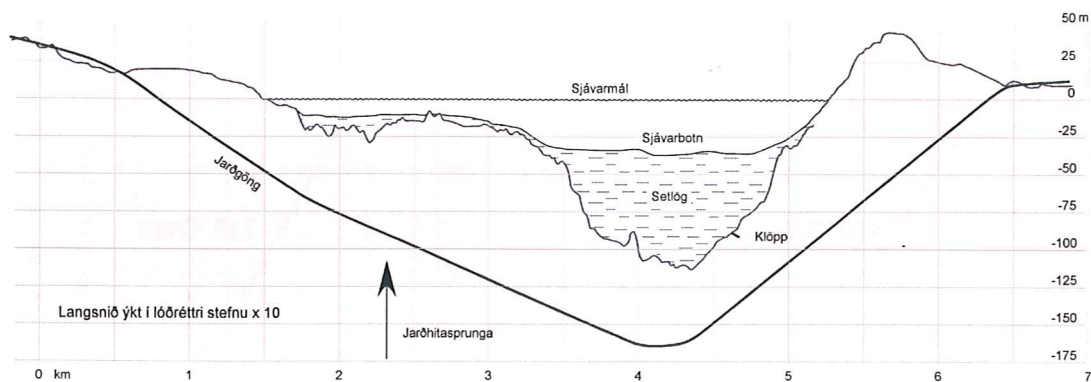
Mynd 3h. Hitastigull í Saurbæ á Kjalarnesi.

2.1. Akranes

Veturinn 1965–1966 voru boraðar um 100 m djúpar hitastigulsholur á Akranesi, Hvítanesi og við Innra-Hólmi. Allhár hitastigull kom fram á þessum stöðum. Í Akranesholunni, sem er á Stíllholti, mældist hann $137^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (mynd 3a). Í kjölfarið var síðan boruð 1400 m djúp rannsóknarhola þar hjá. Hitastigullinn í henni var $129^{\circ}\text{C}/\text{km}$ og botnhitinn 185°C (mynd 3b). Vatnsrennsli var lítið úr holunni og jókst ekkert að ráði við dælingu. Selta var í vatninu (2500–3000 ppm Cl) (Kristján Sæmundsson o.fl. 1968). Hitastigullinn virðist ekki benda til hitakerfis á miklu dýpi vegna þess hve hann er beinn og jarðlög þétt. Holan var því ekki dýpkuð meir. Frekari jarðhitaathuganir hafa ekki verið gerðar á Akranesi eða í næsta nágrenni bæjarins. Hitastigull virðist fara vaxandi til austurs í átt að Innra-Hólmi sunnan Akrafjalls og að Hvítanesi norðan fjallsins eins og vikið verður að í næstu köflum.

2.2. Innri-Hólmur

Þótt jarðlög við Innra-Hólmi séu svipuð og á Akranesi er þar meira um misgengi en annars staðar á svæðinu. Holan sem boruð var á Innra-Hólmi veturinn 1965–1966 var 102 m djúp. Hitastigullinn var $153^{\circ}\text{C}/\text{km}$ eða ívið hærri en á Akranesi og Hvítanesi (mynd 3c). Grunnar holur hafa einnig verið boraðar á Kirkjubóli. Hitastigull í holu heima við bæ er $130^{\circ}\text{C}/\text{km}$, en $125^{\circ}\text{C}/\text{km}$ í holu upp við malarnámurnar. Þarna lækkar stigullinn því til austurs. Holurnar á Innra-Hólmi og Kirkjubóli eru skammt frá stærsta misgenginu á svæðinu. Hinn hái hitastigull virðist þó ekki tengjast því, heldur broti vestar, en óvíst hvar.

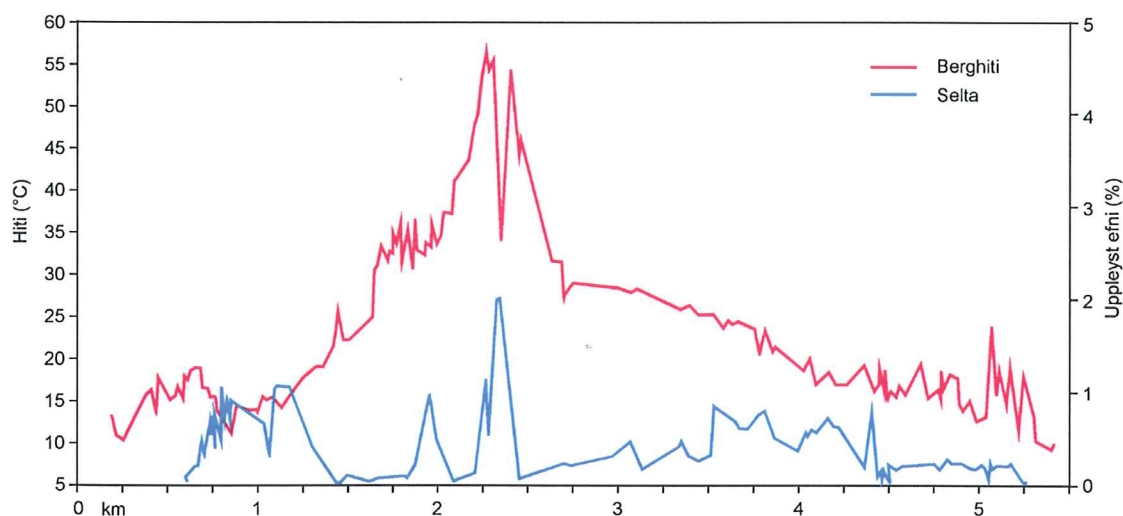


Mynd 4. Hvalfjarðargöng, langsnið á gangaleið. Örin bendir á jarðhitastaðinn í göngunum.

2.3. Hvalfjarðargöng

Þar nærri sem Hvalfjarðargöngin koma undir land neðan við Hólabrú er 120 m djúp borhola (HG-03) sem boruð var til að kanna jarðlagaskipan við gangamunnann. Hitastigullinn í henni reiknast $120^{\circ}\text{C}/\text{km}$ og lækkar því enn til austurs miðað við Innra-Hólms- og Kirkjubólsholur. Í holum HG-01 og HG-02 nærri syðri gangamunnum handan Hvalfjarðar mældist 170 og $210^{\circ}\text{C}/\text{km}$ stigull, hærri í holu 2 sem er einum kílómetra sunnar en hola 1 (mynd 3 g og h). Þegar göngin voru grafin var farið í gegnum hitasvæði skammt sunnan við miðjan fjörð (myndir 4 og 8). Þar mældist hitinn

hátt í 60°C í berginu en annars var berghitinn frá 10°C við munna til 30°C í dýpsta hlutanum (mynd 5).



Mynd 5. Hita- og seltusnið eftir Hvalfjarðargöngum. Sýlingin sem sést í hitatoppnum stenst á við seltuhámarkið og bendir til innflæðis sjávar í jarðhitakerfið. (Byggt á mynd frá Birni A. Harðarsyni og að hluta á gögnum frá Orkustofnun).

Jarðhitinn tengdist mjóum sprungum og berggangi með stefnu til NNA. Það vakti athygli í holu HG-01 við syðri munna jarðganganna, að vatnsborð í henni stóð neðan við sjávarmál (Ágúst Guðmundsson o.fl. 1991) en slíkur niðurdráttur á ekki að geta átt sér stað nema að um dælingu sé að ræða úr vatnskerfinu. Niðurdrátturinn hefur líka valdið því að seltumengað kaldara vatn flæðir niður í jarðhitasprungurnar (mynd 5). Líklegasta skýringin á niðurdrættinum er að þarna komi fram áhrif af dælingu úr jarðhitasvæðum höfuðborgarsvæðisins. Þetta bendir aftur til þess að sprungurnar sem jarðhitinn tengist séu geysilangar og furðuvel opnar.

Við gerð Hvalfjarðarganga kom hins vegar í ljós að bergið sjálft er afar þétt og vatnsleki var töluvert minni en reiknað hafði verið með og miklu minni en í Ólafsfjarðargöngum og Vestfjarðargöngum. Einungis þurfti að þétta um 13% gangalengdar. Vatnslekinn einskorðaðist við bergganga og brotabelti. Það litla vatn sem er í göngunum er venjulegt grunnvatn, örlítið seltublandað á köflum (Björn Harðarson, viðtal á www.itn.is/gong/almuppl.htm). Nánast enginn sjór hefur dropið inn í göngin nema í jarðhitasprungunni þar sem seltan var rúmlega 20.000 mg/l (í sjó rúmlega 30.000 mg/l).

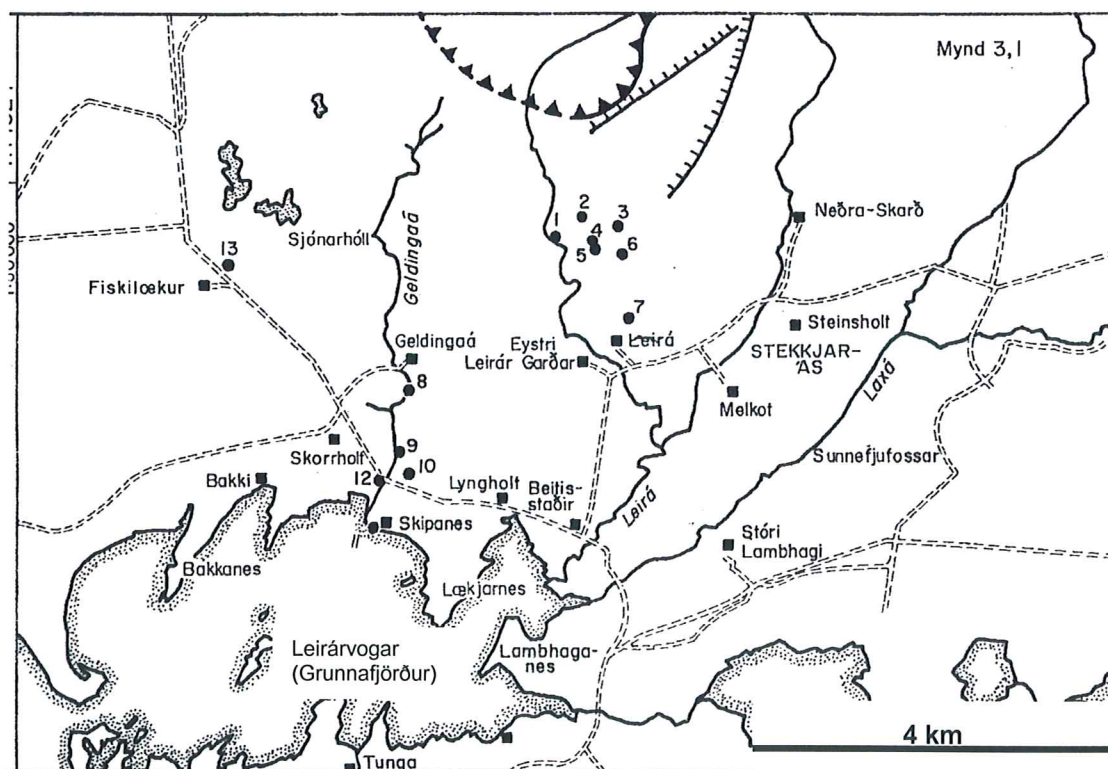
2.4. Hvítanes

Borholan við Hvítanes (HN-01) er 101 m á dýpt, hitastigullinn í henni reiknast 150°C/km (mynd 3c). Jarðlagaskipan er mjög lík og á Akranesi en hitastigullinn lítið eitt hærri. Frekari rannsóknir hafa ekki verið gerðar. Hvítanes er skammt vestan við framlengingu hrúðursvæðanna milli Geldingaár og Skipaness (sjá næsta kafla og mynd 6). Hugsanlegt er að þar gæti nálægðar við jarðhita sem þeim tengist.

2.5. Geldingaá-Vogatunga í Leirársveit

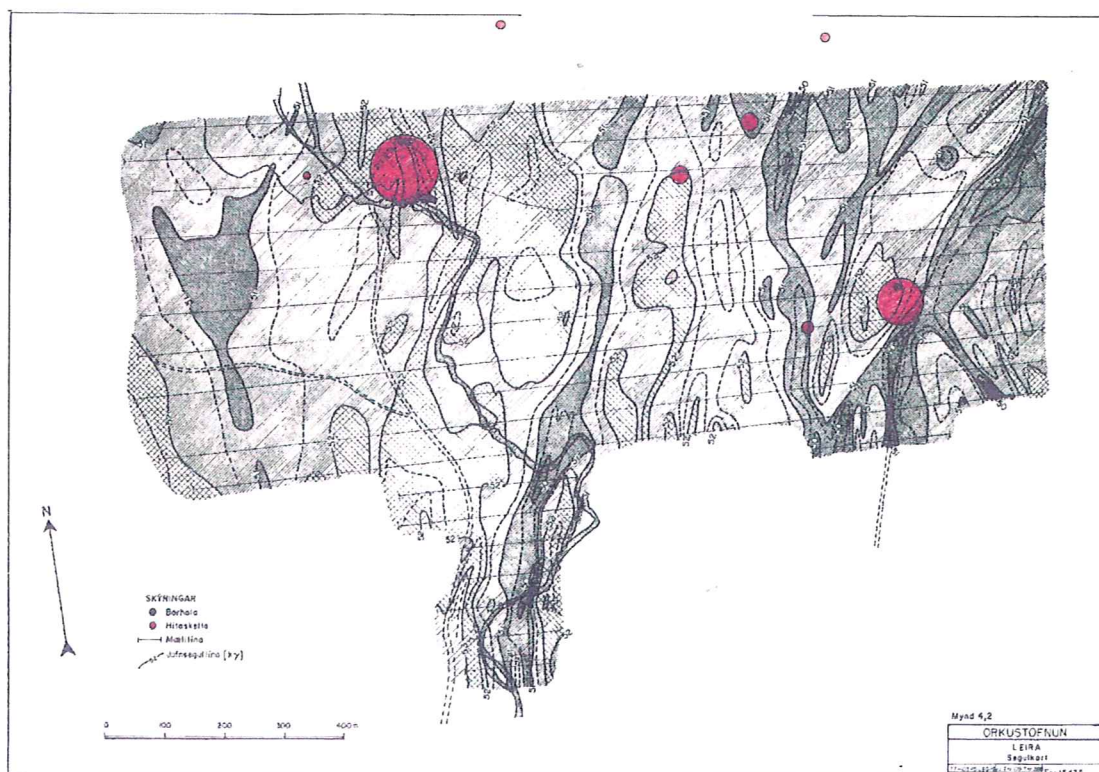
Víða um Leirársveit eru ummerki eftir jarðhita þótt hiti finnst ekki á yfirborði nema á hinum kunna jarðhitastað við Leirá. Ingvar B. Friðleifsson o.fl. (1977) kortlögðu ummerki eftir horfinn jarðhita sem birtast víðast sem kalk- og kísilhrúðursútfellingar (mynd 6). Mest er um þessar hrúðurskellur í tengslum við jarðhitasvæðið á Leirá en einnig eru margar skellur við Geldingaána, á línu frá Skipanesi og norður að bænum að Geldingaá. Hrúðurskellurnar þarna virðast raða sér nærri línu sem liggur frá suðri til norðurs. Geldingaáin er raunar fremur lækur en á. Rennslið sveiflast eftir tíðarfari frá 20 til 80 l/s. Vatnið er grunnvatn að uppruna sem er ættað að mestum hluta úr hinum efnismiklu yfirborðslögum sveitarinnar en er ekki komið úr berggrunninum (Þórólfur H. Hafstað 2002).

Árið 1990 var boruð grunn hola GÁ-01 að Geldingaá. Hitastigullinn í holunni var yfir $300^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Ástæða þótti því til að kanna þetta betur svo boraðar voru tvær holur 70 m austan og vestan við holuna. Úr fyrri holunni seytlaði 20°C heitt vatn þannig að enginn hitastigull kom fram en í þeirri seinni mældist stigullinn sem samsvaraði $315^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Þarna er greinilega hitakerfi undir en fleiri könnunarholur þarf til að kortleggja útbreiðslu þess og heitasta stað. Líklegt er að jarðhitakerfið nái suður að Grunnafirði eins og hrúðurblettirnir vísa til. Það væri eftir því að dæma býsna stórt með uppstreymi á 1,5 km löngum kafla.



Mynd 6. Staðsetning á hrúðurskellum í Leirársveit (Ingvar B. Friðleifsson o.fl. 1977).

Árið 1990 voru boraðar tvær grunnar holur í Vogatungu (VT-01 og VT-02) um 2,5 km suðaustan við Geldingaárholurnar. Hitastigullinn var 150 C°/km í borholu við bæinn (mynd 3 e). Borhola við Leirá (VT-02) 500 m norðaustar, er öll heitari en gefur ekki trúverðugan stigul (mynd 3 f). Í henni virðist gæta áhrifa frá jarðhita, hugsanlega frá Leirársvæðinu.



Mynd 7. Segulkort af Leirá og hrúðurflekkir (rauðir). Stóri depillinn vestanvert á kortinu nær yfir aðalhrúðursvæðið við Leirárlaug. Litli depillinn vestar sýnir hvar Leirárlaug var. Leirá rennur þar á milli til suðurs. Dökkskyggðu rákirnar eru innskot og berggangar (Ingvar B. Friðleifsson 1977).

2.6. Leirá

Jarðhitavatn í Leirársveit er auðugt af uppleystum efnum, það er kalkríkt og kolsýruríkt og flokkast til ölkelduvatns. Kalsít fellur út úr vatninu þegar það kólnar og raunar einnig kísill. Útfelling hefur verið til vandræða í lögnum hitaveitunnar að Leirá (Halldór Ármannsson 1981). Svæðið er að öllum líkindum fornt háhitasvæði tengt megineldstöðinni í Hafnarfjalli og Skarðsheiði sem nú er orðið að lághitasvæði.

Jarðhitasvæðið á Leirá er um 2,5 km norðaustan við hitarákina milli Geldingaár og Skipaness og óvíst hvort tengsl séu þar á milli. Hins vegar lítur út fyrir að efnafræði

vatnsins á báðum stöðunum sé svipuð. Borað var í kringum 1960 og síðan voru gerðar miklar rannsóknir á Leirársvæðinu á miðjum áttunda áratugnum þegar hitaveita til Akraness var í undirbúningi. Þeim rannsóknum lauk með því að horfið var frá jarðhitaleit á Leirá, en veðjað á Deildartunguhver. Síðan hefur ekki verið hugað að heitavatnsborunum á Leirársvæðinu nema til vatnsöflunar fyrir nálæga bæi (Eystri-Leirárgarða) 1990, þegar þörf var á viðbótarvatni. Stöðunni á Leirá skal lýst í stuttu máli.

Jarðhitinn er mestallur austan Leirár, í landi þeirrar jarðar (mynd 7). Leirárlaug var 55°C heit og rennsli úr henni 0,3 l/s (Skýrsla Iðnaðardeildar 1944). Laugin hvarf við borun fyrstu holunnar þar hjá 1959–1960. Leirárhver var Leirárgarða megin við ána, 200 m vestar, en hann hafði þornað löngu fyrr. Tvær viðbótarholur voru boraðar vorið 1974, 631 m og 511 m djúpar. Þessar holur eru í 60–85°C heitu vatnskerfi ofan ~200 m, og er það heitast við laugina. Árið 1975 var boruð 2019 m djúp hola á Leirá, 100 m norðan við Leirárlaug, hjá holu 2, raunar ekki á besta stað því þar var grunna vatnskerfið aðeins 65°C. Djúpa holan var treg, gaf 9 l/s við 65 m niðurdrátt af 128°C heitu vatni. Prófanir sýndu að halda mátti aftur af útfellingum með því að hindra suðu, þannig að í varmaskiptum þoldi vatnið kælingu niður í 20–30°C án útfellinga.

Leirárskóli og byggðin þar í kring hefur notað vatn úr holu 1 á Leirá. Þar kom að meira vatn þurfti og var þá borað eftir viðbótarvatni. Bændur á Eystri-Leirárgörðum stóðu að þeirri borun. Fimm grunnar leitarholur voru boraðar og síðan 140 m djúp vatnshola gegnt Leirárlaug. Hún heppnaðist og gefur tæplega 70°C heitt vatn úr mörgum æðum.

Boranirnar sýndu að í jarðhitakerfinu er allgóð lárétt lekt ofan 200 m á stóru svæði (~1 km A-V, >200 m N-S). En uppstreymið í þetta lárétta kerfi er ekki þekkt. Yfirborðsrannsóknir sem fyrir liggja (jarðfræði- og jarðhitakortlagning, viðnáms- og segulmælingar) svara því ekki, en það þarf að finna ef nýta skal jarðhitann í stærri stíl en nú er gert. Aðstæður sem þessar eru þekktar annars staðar frá. Þá hefur reynst nauðsynlegt að leita með hæfilega djúpum rannsóknarholum að uppstreyminu (hér um 250 m djúpum), og etv. með skáholum.

Þótt vandkvæði séu á nýtingu Leirársvæðisins vegna efnainnihaldsins, eru þau viðráðanleg. Hins vegar þarf að finna umtalsvert magn af ferskvatni til varmaskipta, en það er af skornum skammti á þessu svæði miðað við þarfir vatnsveitna og iðnaðar, auk þess sem Laxá þarf að halda sínu vegna laxveiðinnar. Af þeim svæðum sem til umræðu eru í þessari skýrslu er Leirársvæðið líklega orkuríkast, jafnvel að meðtöldum Kleppjárnsreykjum. Því er ástæða til að gefa því gaum þegar hugað er að jarðhitamöguleikum í nágrenni Akraness.

Mynd 8. Höggunarkort af Akraffalli og grennd ásamt með borholum og hitastigli. ►

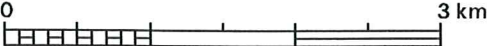
Mynd 8 AKRAFJALL O.NÁGR.

Brot, borholur og tillögur að hitastigulsholum

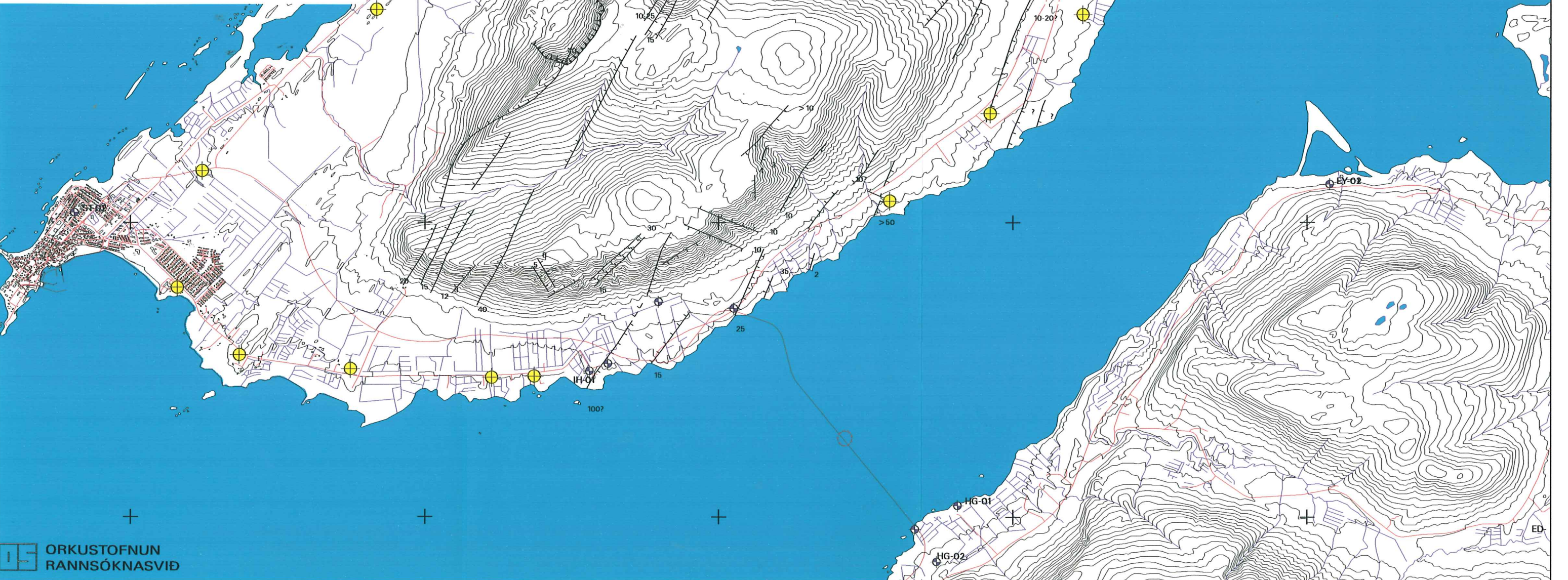
Brot fengin af korti Ágústs Guðmundsonar o.fl. 1991

- Misgengi
Faults
- Brotskál
Scarp
- Borhola
Borhole
- Tíallaga að hitastigulsholu
Proposed borhole
- Hitasvæði í hvalfarðargöngum
Geothermal area in the Hvalfjörður Tunnel

1:52.000



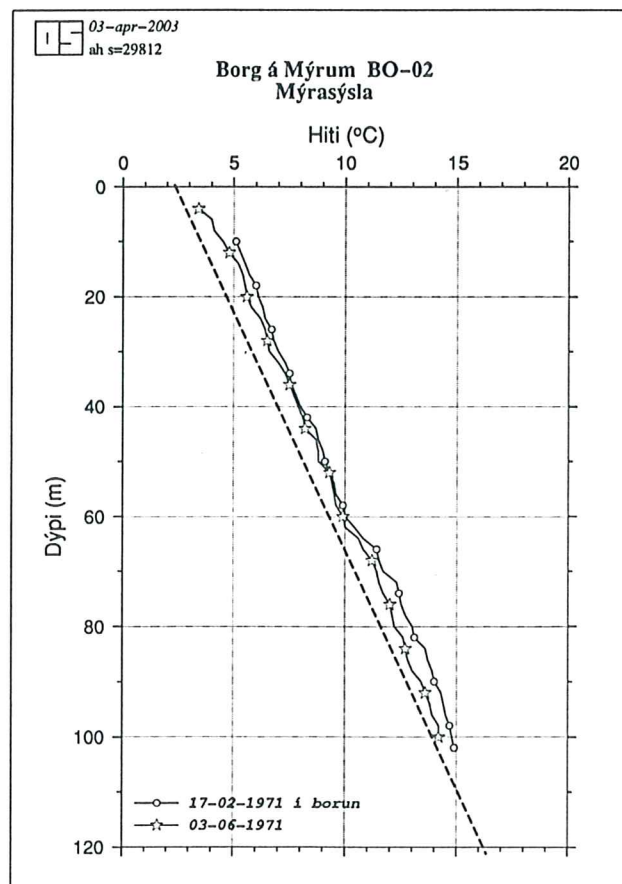
20030703



3. BORGARNES OG NÁGRENNI (FRV. BORGARHREPPUR)

Berggrunnurinn undir Borgarnesi og Mýrum er 10–13 milljón ára (Moorbath o.fl. 1968). Bergið er víðast hvar ummyndað og þétt. Borgarnesandhverfan svonefnda setur mark sitt á jarðlagahallann á svæðinu en hún liggur frá Borgarnesi, um Stafholtstungur og norður í Langavatnsdal. Vestan andhverfunnar er jarðlagahalli til norðvesturs en austan hennar til suðausturs. Enginn jarðhiti er á yfirborði í grennd við Borgarnes. Kaldar lindir sem eiga uppruna sinn í grunnvatni í berggrunni eru fáar og smáar og boranir eftir köldu vatni hafa sjaldan skilað miklum árangri (Þórólfur H. Hafstað 2000). Það er því ljóst að rennsli kalds og heits vatns um berggrunninn er tregt. Þó eru dæmi um að bor hafi hitt á sæmilega vatnsleiðandi sprungur, t.d. í holu JS-02 á Jarðlangstöðum þar sem fengust 2 l/s af köldu vatni í borun.

Viðnámskort Lúðvíks S. Georgssonar (1985) sýnir háviðnámsvæði (> 250 ohmm) við innanverðan Borgarfjörð (mynd 2). Suðurhluti þess tekur yfir kjarna megineldstöðvarinnar í Hafnarfjalli og Skarðsheiði en nyrðri hluti þess teygir sig inn á hinn forna berggrunn á Mýrum. Borgarnes er nálægt miðju svæðinu. Háviðnámið bendir til lítils varmastreymis í berggrunninum, nema ef mikil ummyndun og innskot yfirskyggja jarðhitann. Allhár stigull í holu að Borg gæti stafað af slíkum áhrifum (mynd 9).

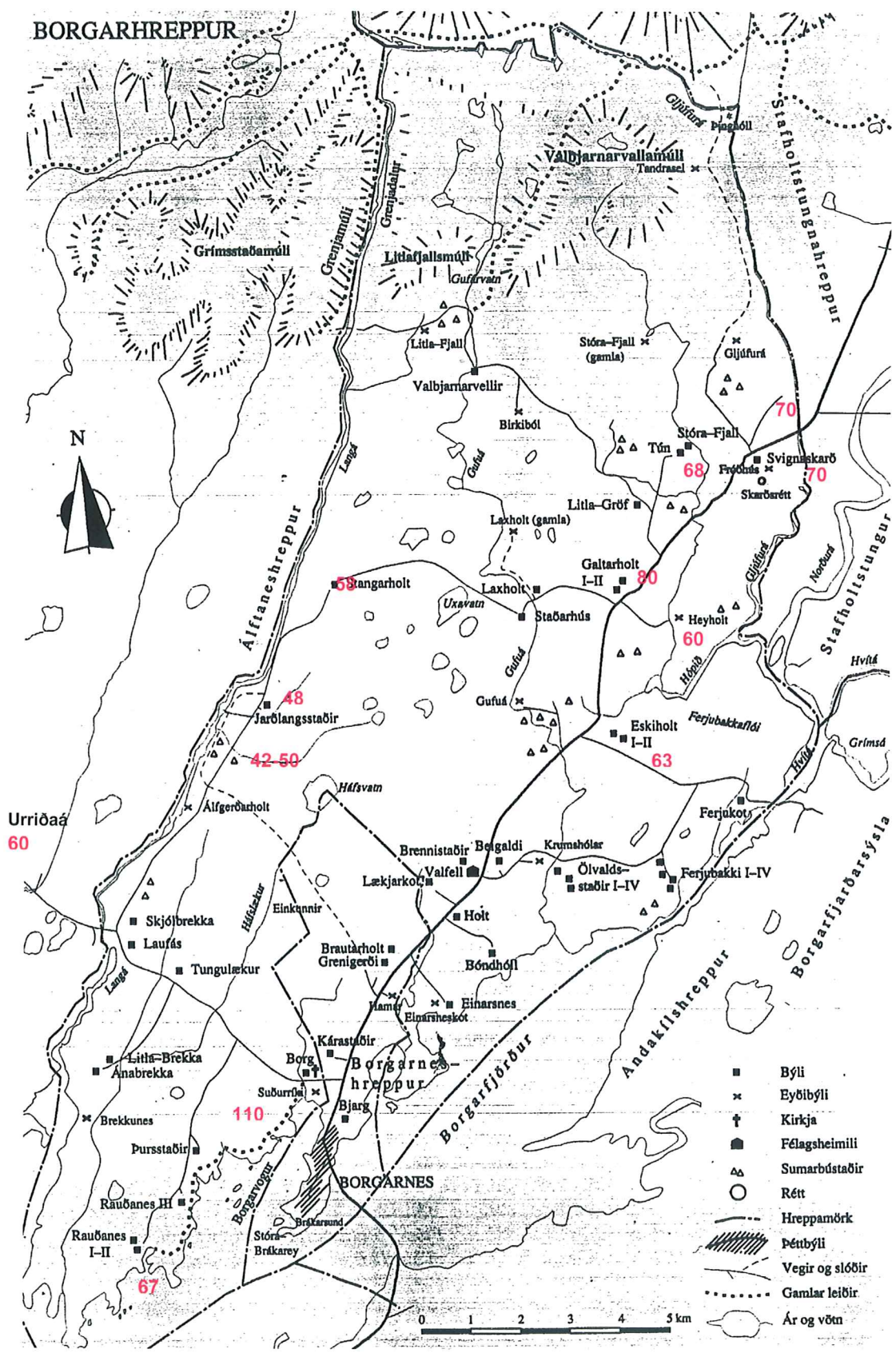


Mynd 9. Hitamælingar úr holunni BO-02 að Borg á Mýrum. Brotna línan sýnir hitastigullinn, sem er 110°C/km.

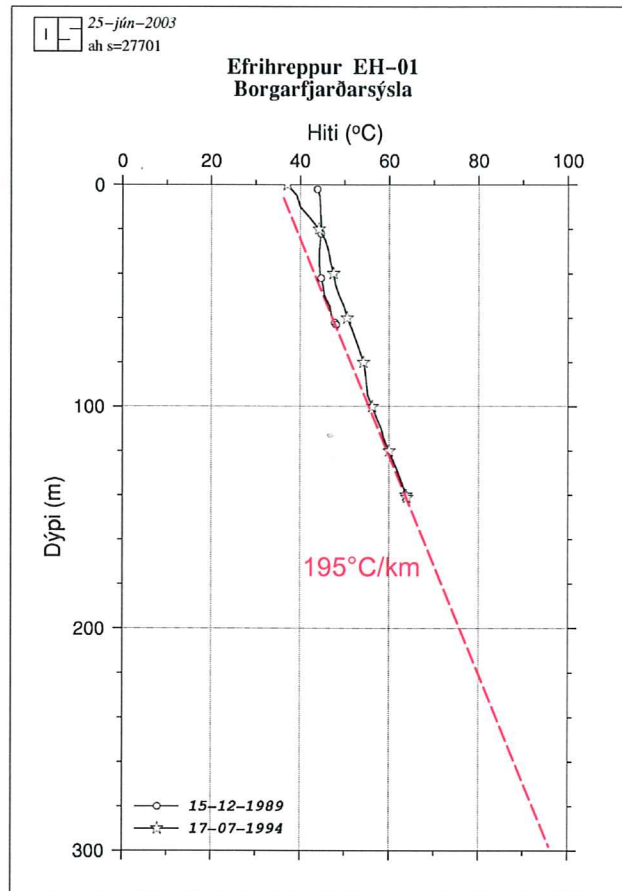
Tafla 2. Hitastigull í grennd við Borgarnes.

Nr.	Holunafn	Staður	X	Y	Dýpi	°C/km	Aths.
29811	BO-01	Borg á Mýrum			109	-	
29812	BO-02	Borg á Mýrum	359718.4	454419.3	100.4	110	
29831	JS-01	Jarðlangstaðir	359275.7	461091.2	66	44	Selás
29832	JS-02	Jarðlangstaðir			30	-	2 l/s kalt
29833	JS-03	Jarðlangstaðir	360569.3	462035.8	63	44	
29834	JS-04	Jarðlangstaðir			64	-	
29835	JS-05	Jarðlangstaðir			91.5	-	
29836	JS-06	Jarðlangstaðir			102.8	50	Bakkabær
29837	JS-07	Jarðlangstaðir			133	42	Krossland
29837	JS-07	Jarðlangstaðir			133	50	Krossland
29838	JS-08	Jarðlangstaðir			129.2	-	
29839	JS-09	Jarðlangstaðir			100	-	Ásgarður
29840	JS-10	Jarðlangstaðir				-	
29851	SH-01	Stangarholt	361978.9	464493	54	58	
29861	GH-01	Galtarholt	368039.7	461549.7	75	80	Sumarhús
29871	HH-01	Heyholt			120	60	Birkihlíð
29881	RS-01	Rauðanes			51	67	
29911	ES-01	Eskiholt			145	63	Hrísnes 5
29912	ES-02	Eskiholt			90	-	
29931	GU-01	Gufuá			72	-	N-Hrísnes
29841	SF-01	Stórafjall	369375.7	468191	30	68	
41831	SS-01	Svignaskarð	371688.3	465945.1	24	70	Gljúfurá
41832	SS-02	Svignaskarð	371409.3	464703	54	70	
41901	UR-01	Urriðaá			81	50	
41902	UR-02	Urriðaá			75	62,5	

Nokkrar hitastigulsholur eru á svæðinu og ber þeim í flestu saman við túlkun viðnámsmælinganna. Þó eru þar undantekningar. Í töflu 2 er gefinn upp hitastigull í 16 holum. Flestar eru þær kaldar og með stigul á bilinu frá 42°C/km til 80°C/km (mynd 10). Hærri stigull mælist við Borg á Mýrum. Þar eru tvær holur BO-01 og BO-02. Mælingar eru til úr þeirri síðarnefndu sem sýnir um 110°C/km (mynd 9). Þetta hitafrávik gæti bent til nálægðar við staðbundið uppstreymi vatns úr dýpri lögum. Um stærð og lögun hitafráviksins er ekkert hægt að segja nema með frekari borunum.



Mynd 10. Hitastigull í nágrenni Borgarness.



Mynd 11. Hiti í borholu við Hreppslaug hjá Efrahreppi. Hitastigullinn í neðri hluta holunnar er 195°C/km.

4. EFRIHREPPUR

Í landi Efrahrepps er gamalkunnur jarðhitastaður. Laugar koma undan melunum sem liggja þar upp af ánni gegnt Andakílsárvirkjun á um 200 m kafla. Hreppslaug, er neðan við heitustu og vatnmestu laugar. Þarna var hlaðin sundlaug árið 1912. Kristján Sæmundsson o.fl. (1976) gefa stutta lýsingu á jarðhitaummerkjum. Hjalti Franzson (óútgefin gögn) hefur einnig rannsakað svæðið. Lýsingin hér á eftir er tekin upp eftir honum. Meginrennslið kemur úr tveimur giljum ofan við sundlaugina. Í syðra gilinu koma upp á að giska 3 l/s en um 4 l/s í því nyrðra. Heitast er norðan megin í syðra gilinu um 40°C. Á 60–70 m löngu bili innan sundlaugarinnar, undir melnum gegnt Andakílsárvirkjun, koma smávolgrur. Vatnshiti er allt að 19°C. Volgrurnar liggja nokkru neðar en lindirnar við sundlaugina. Volgrurnar voru hitamældar árið 1965. Mestur hiti mældist við skurð í mýri NA við Hreppslaug, 53°C. Þessi laug virðist í framhaldi af volgrunum. Jarðhitavatnið kemur fram á lagamótum í lausum yfirborðslögum. Tengsl þess við berggrunninn eru óljós en þó má telja víst að það tengist sprungum í berggrunninum undir melunum. Hitamælingar benda til að laugarnar við Efrahrepp

hafi farið kólnandi á undanförunum áratugum. Efnagreiningar á jarðhitavatninu benda til að þarna kunni að vera um 100°C vatn í jörðu (gagnagrunnur Orkustofnunar).

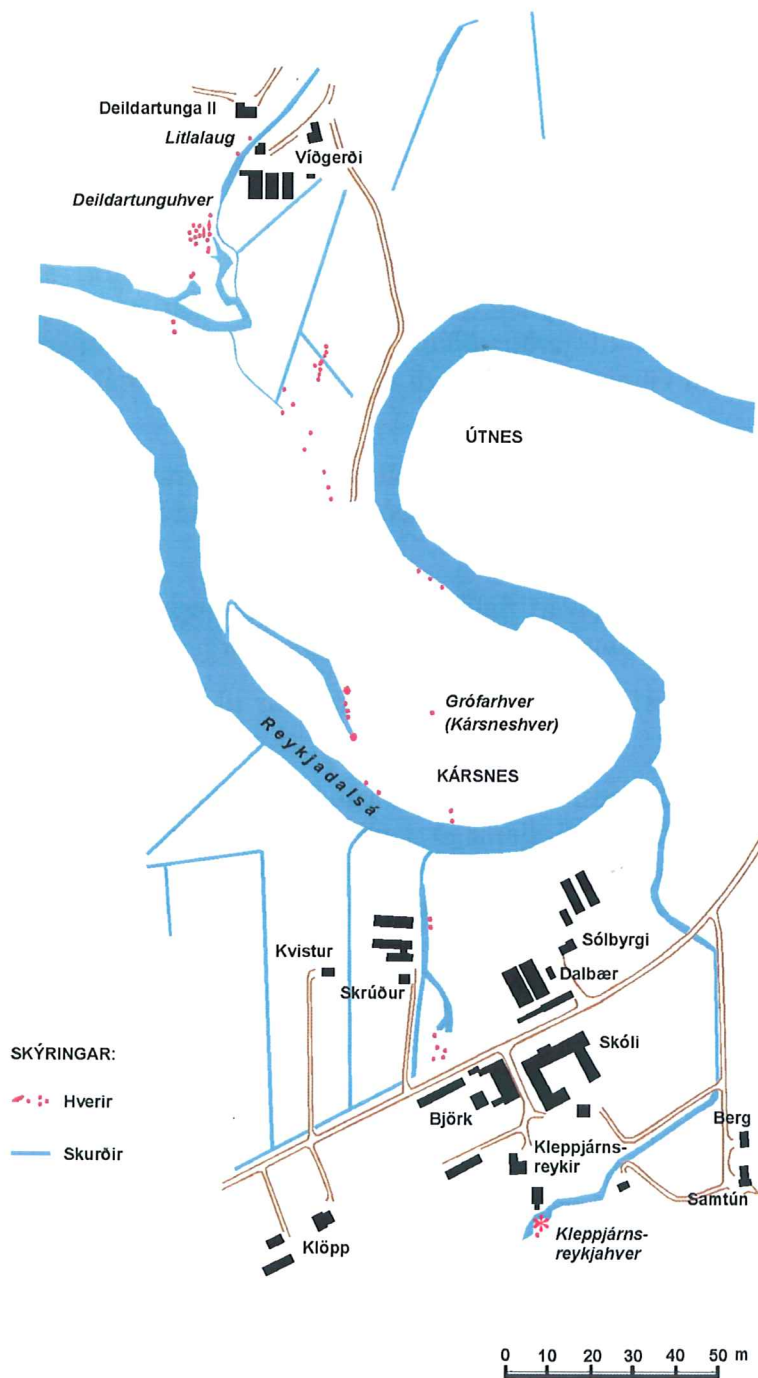
Efrihreppur er innan marka megineldstöðvar sem kennd er við Hafnarfjall og Skarðsheiði (Hjalta Franzson 1978). Allgóð opna er í berggrunninn í árgljúfrinu ofan við Andakílsárverkjun. Þar sést að bergið er sundursaxað af sprungum, misgengjum og berggöngum. Jarðlagahalli er um 14° til SA. Skv. óútefnum gögnum Hjalta Franzsonar er ríkjandi sprungustefna í gljúfrinu N20°A en einnig koma fram stefnurnar N70°A og N80°V. Erfitt er að meta hvort einhverjar af þessum sprungum tengist jarðhitanum við Hreppslaug en telja verður líklegt að nýlegar hreyfingar séu á jarðhitasprungunni (eða sprungunum).

Rannsóknarholan EH-01 var boruð í nyrðra gilinu ofan Hreppslaugar. Árið 1989 var hún boruð í 66 m en dýpkuð í 143 m árið 1994. Holan skar ekki sprunguna. Lausu jarðlögin ofan á berggrunni þarna eru a.m.k 66 m þykk. Botnhitinn er um 64°C og hitastigull neðan vatnsæðar á 95 m dýpi er 195°C/km (mynd 11). Hitaferillinn í holunni neðan við æðina bendir til þess að hún sé nokkuð frá hitauppstreyminu, þó gæti hún náð því neðan 300 m dýpis.

5. KLEPPJÁRNSREYKIR

Vatnsmesta hverasvæði Borgarfjarðar og raunar landsins alls liggur á milli Kleppjárnsreykja og Deildartungu í mynni Reykholtisdals (mynd 12). Jarðhitinn raðar sér eftir skástígu sprungumynstri sem stefnir til N15°V þvert yfir dalinn og tengist síðan misgengi við Deildartunguhver. Merki um nýlegar hreyfingar eru á sprungukerfinu (Lúdvík S. Georgsson o.fl. 1978). Alls eru um 25 aðgreindir jarðhitastaðir á svæðinu og er náttúrulegt rennsli frá þeim talið vera um 250 l/s. Tveir hveranna eru langstærstir og gefa af sér nánast allt vatnsmagnið, Deildartunguhver (180 l/s) og Kleppjárnsreykjahver (70 l/s). Rennslismælingar á Deildartunguhver sýna að rennslið er afar stöðugt (Árni Hjartarson 2003). Hverirnir koma upp úr silt- og sandlögum sem hveraútfellingar hafa límt saman í harða hellu. Kleppjárnsreykjahver er skammt sunnan við heimahúsin á Kleppjárnsreykjum. Vatnið í hvernum er við suðumark og bullar úr mörgum hveraaugum á nokkurra tuga metra löngum kafa á lágum hól úr sambakaðri hverahellu. Steinsteypuþrær eru utan um öll stærstu hveraaugun og vatnið notað til upphitunar og ylræktar. Áður voru hverirnir einkum notaðir til þvotta og brauðgerðar. Mikið ónotað vatn rennur frá hvernum.

Hinumegin húsanna og norðan þjóðvegur er hverasvæði í mýri. Svæðið er aflangt frá norðri til suðurs, 40–50 m langt og 15–20 m breitt. Þar eru nokkur lítil hveraaugu og hitinn í þeim allt að 95°C en heildarrennslið 0,9 l/s. Vatnsmesti hverinn er í steyptri þró í suðvesturhorni svæðisins.



Mynd 12. Kleppjárnsreykir-Deildartunga (Mynd úr skýrslu Lúðvíks S. Georgssonar o.fl. 1978).

6. TILLÖGUR UM RANNSÓKNIR

Umhverfi Akrafjalls. Hinn hái hitastigull allt umhverfis Akrafjall gefur tilefni til að ætla að þar megi finna vinnanlegan jarðhita. Hitastreymið er að öllum líkindum bundið við afmarkaðar sprungur eða sprungukerfi eins og sýndi sig í Hvalfjarðargöngum. Töluverðar athuganir og rannsóknarboranir gæti þurft til að kortleggja þessar sprungur og finna vænlegustu staði til vinnsluborana. Gera þyrfti jarðfræðikort af svæðinu samkvæmt fyrirliggjandi jarðfræðigögnum. Handrit af jarðfræðikorti af Akrafjalli er til á Orkustofnun og einnig eru til jarðfræðikort af svæðinu við Hvalfjarðargöngin. Tölvutækir kortgrunnar eru einnig fyrirliggjandi og því ekki mikið mál að útbúa gott jarðfræðikort.

Bora þarf 15–20 grunnar (50 m) hitastigulsholur allt umhverfis Akrafjall þannig að færa megi vel skilgreindar jafnhitastigulslínur á jarðfræðikortið. Á mynd 8 eru gerðar tillögur um 10 borstaði.

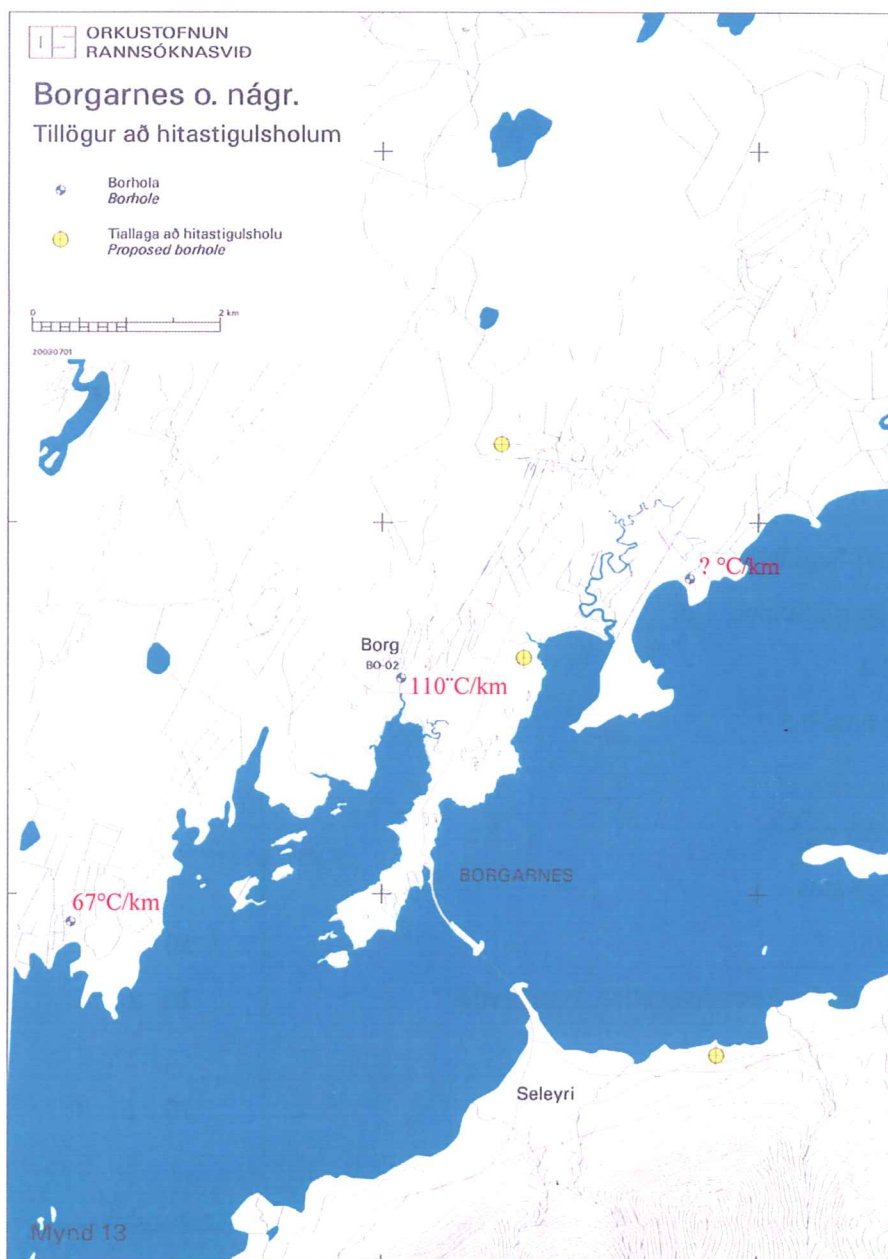
1. Þrír staðir eru við suðaustanvert fjallið en þar er hugsanlegt að hitta á framhald jarðhitasvæðisins sem kemur fram í Hvalfjarðargöngum.
2. Tveir borstaðir eru vestan við Innra-Hólm, hugsaðir til að afmarka betur hinn háa hitastigul þar.
3. Tveir staðir eru við Akranes. Ástæðan fyrir vali þeirra er hár hitastigull í grunnu holunni á Stillholti og mikil fjarlægð í næstu hitastigulsholur, en jafnframt hvetur nálægðin við þéttbýlið til að gengið verði úr skugga um hvort ekki finnst jarðhiti þar. Það færi eftir því hvor holan yrði heitari hvar kannað yrði nánar á svæðinu.
4. Tveir borstaðir eru sitt hvoru megin Hvítaness. Þeim er ætlað að afmarka og varpa skýrara ljósi á hitastigul norðan fjallsins.
5. Tíundi borstaðurinn er við strönd Leirárvoga á móts við Skipanes en á Skipanesi og á línu þar norður frá eru ummerki eftir horfnum jarðhita. Hitastigulshola á þessum stað gæti gefið upplýsingar um hvort jarðhitakerfi Leirársveitar ná að Akrafjalli. Að afloknum þessum borunum mætti staðsetja nokkrar holur til viðbótar í ljósi þeirra upplýsinga um hitastigul sem þá verða fyrirliggjandi.

Borgarnes. Lágur hitastigull og hátt viðnám á stóru svæði kringum Borgarnes gefur almennt séð ekki tilefni til að ætla að þar sé vinnanlegur hiti í jörðu. Jarðhiti er þó í austurjaðri þessa svæði þar sem eru Leirá og Efríhreppur. Staðbundin hitafrávik kynnu því að leynast þarna. Vísbendingar eru um eitt slíkt hitafrávik við Borg. Til að kanna það nánar mætti bora 5 grunnar hitastigulsholur í grennd við Borg til að kortleggja lögum og stærð þess. Tillögur að holustæðum fyrir þrjár holur eru á mynd 13. Fjórða og fimmta holan yrðu staðsettar í ljósi þess árangurs sem yrði af fyrstu holunum.

Hreppslaug. Vatnið sem kemur fram í laugunum við Hreppslaug á upptök sín í sprungu sem er hulin þykkum yfirborðslögum ofan laugarinnar. Frá henni streymir vatnið eftir

láréttum aðstreymisrásum í yfirborðslögum til laugarinnar. Til að árangur náist af vinnsluborunum þarna verður lega og halli sprungunnar í berggrunnum að vera þekkt. Lausu jarðlögin eru líklega of þykk fyrir kortlagningu með segulmælingum. Þó mætti rekja gangana við fossinn í árgilinu suðvestur, inn undir sjávarhjallann, þannig að sæist hver afstaðan er til lauganna. Til að finna aðfærslurás jarðhitavatnsins undir setinu er líklega helst að beita skáborun. Holan þarf að vera nokkuð djúp eða um 400 m.

Kleppjárnareykir. Mæla þarf rennslið út hvernun, bæði það sem notað er og afgangsvatnið.



Mynd 13. Borgarnes og nágrenni, tillögur að borholustæðum.

7. KOSTNAÐARÁÆTLUN

	<i>Tímar</i>	<i>Kr/t</i>	<i>Kr</i>
Umhverfi Akraness upp fyrir Leirá			
Vinnsla jarðhitakorts upp úr fyrirliggjandi gögnum:			
Vinna jarðfræðings	40	6118	244.720
Teiknivinna	40	4418	176.720
Borun 10 hitastigulshola, dýpi 50 m, verð á holu 200.000 kr.			2.000.000
Staðsetning hola	10	6919	69190
Hitamælingar o.fl. eftir borun	10	6118	61.180
Bíla og tækjakostnaður (hitamælir)			100.000
Skýrsla	60	6919	415.140
Nágrenni Borgarness			
Borun 3 – 5 50 m djúpra hitastigulshola, kr. 200.000 á holu			600.000 – 1.000.000
Staðsetning hola og mæling eftir borun	20	6118	122.360
Bíla- og tækjakostnaður			40.000
Skýrsla	30	6118	183.540
Efrihreppur: Segulmæling og borun 400 m skáholu			
Segulmælingar, útivinna, 1 d.	12	6118	73.416
Úrvinnsla 2 d	20	6919	138.380
Staðsetning holu 0,5 d	5	6919	34.595
Borun holu			4.000.000
Mæling á halla og hita			400.000
Efnagreining vatns			100.000
Skýrslugerð	50	6919	345.950
Kleppjárnsreykir: Rennslismæling, tvær ferðir	20	6118	122.360
Bíla- og tækjakostnaður			40.000
Úrvinnsla	10	6118	61.180
ALLS			9.000.000 – 10.000.000

8. HEIMILDIR

- Ágúst Guðmundsson, Haukur Jóhannesson og Björn A. Harðarson 1991: Hvalfjörður Tunnel. Geological Report. Stratigraphy and Structure. Jarðtæknistofan, Reykjavík.
- Árni Hjartarson 2003. Rennslismælingar á Deildartunguhver og Kleppjárnsreykjahver. Orkustofnun, greinargerð, ÁH-2003-04
- Halldór Ármannsson 1981: Leirá í Borgarfirði. Efnastyrkur borholuvökva og útfellingarhætta. Orkustofnun, OS81028/JHD16.
- Hjalti Franzson 1978: Structure and petrochemistry of the Hafnarfjall-Skarðsheiði central volcano and the surrounding basalt succession, W-Iceland. University of Edinburgh.
- Ingvar Birgir Friðleifsson, Lúðvík S. Georgsson og Hjalti Franzson 1977: Heildarkönnun á jarðhitamöguleikum á svæðinu milli Akraness og Skarðsheiðar. Orkustofnun, OS-JHD-7714.
- Kristján Sæmundsson og Þórólfur H. Hafstað 2000: Jarðhitalíkur í Borgarbyggð. Orkustofnun, greinargerð, KS-ÞHH-2000-24.
- Kristján Sæmundsson, Rúnar Sigfússon, Valgarður Stefánsson og Stefán Arnórsson 1976: Skýrsla um jarðhitarannsóknir við Bæ og Efrihrepp í Andakílshreppi vegna hitaveitu til Borgarness. Orkustofnun, OS-JHD-7606.
- Kristján Sæmundsson, Jón Jónsson, Jens Tómasson og Guðmundur Pálmason 1968: Jarðhitaleit og djúpbörur á Akranesi. Skýrsla Jarðhitadeildar Orkustofnunar.
- Lúðvík S. Georgsson 1985: Höfuðborgarsvæði-Borgarfjörður. Niðurstöður viðnámsmælinga. Orkustofnun, OS-85111/JHD14.
- Lúðvík S. Georgsson, Haukur Jóhannesson, Guðmundur Ingi Haraldsson og Einar Gunnlaugsson 1978: Jarðhitakönnun í utanverðum Reykholtssdal. Deildartunga-Kleppjárnsreykir, Klettur-Runnar. Orkustofnun, OS-JHD-7856.
- S. Moorbath, Haraldur Sigurðsson, R. Goodwin 1968: K-Ar ages of the oldest exposed rocks in Iceland. Earth and Planetary Science letters 4, 197-205.
- Skýrsla Rannsóknarráðs 1944: Jarðhiti á Íslandi I. Alkalísk jarðhitasvæði. Handrit í vörslu OS.
- Þórólfur H. Hafstað 2000: Borgarbyggð. Um neysluvatn í byggðarlaginu. Orkustofnun, greinargerð, ÞHH-2000-21.
- Þórólfur H. Hafstað 2002: Akranes. Um möguleika til ferskvatnsöflunar. Orkustofnun, greinargerð, ÞHH-2002-07.